

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA NA BACIA DO LAGO DESCOBERTO
ATRAVÉS DE GEOPROCESSAMENTO

ERCÍLIA PÉRES TORRES

ORIENTADOR: NESTOR ALDO CAMPANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS
HÍDRICOS

PUBLICAÇÃO: MTARH.DM - 003A/97

BRASÍLIA/DF: SETEMBRO/1997

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA NA BACIA DO LAGO DESCOBERTO
ATRAVÉS DE GEOPROCESSAMENTO

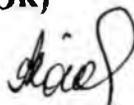
ERCÍLIA PÉRES TORRES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS.

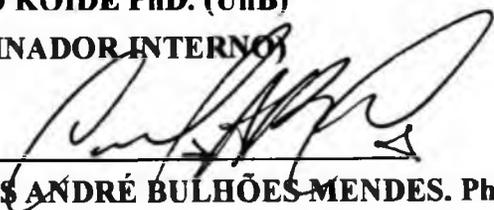
APROVADA POR:



NESTOR ALDO CÂMPANA. Dsc (UnB)
(ORIENTADOR)



SÉRGIO KOIDE PhD. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)



CARLOS ANDRÉ BULHÕES MENDES. PhD (IPH/UFRGS)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 01 DE SETEMBRO DE 1997

FICHA CATALOGRÁFICA

TORRES, ERCÍLIA PÉRES

Estudo da Expansão Urbana na Bacia do Lago Descoberto Através de Geoprocessamento [Distrito Federal] 1997. xiv, 147 p, 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 1997). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil.

1. Expansão urbana
2. Geoprocessamento

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

TORRES, E. P., 1997. **Estudo da Expansão Urbana na Bacia do Lago Descoberto Através de Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado, publicação MTARH.DM /003, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 136p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ercília Péres Torres

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Estudo da Expansão Urbana na Bacia do Lago Descoberto Através de Geoprocessamento

GRAU/ANO: Mestre/1997

É concedida à Universidade de Brasília permissão para produzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos ou científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.



Ercília Péres Torres

Condomínio Vivendas Colorado II, conj. "A", casa 09

Sobradinho/DF. CEP 73001-970. Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a Margarida, Luís Raul, Luís Antonio e Raphael, cuja compreensão, apoio, incentivo e paciência foram decisivos para o cumprimento de mais esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Nestor Aldo Campana pela orientação e atenção durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores Marco Antônio Almeida de Souza, Nabil Joseph Eid, Ricardo Silveira Bernardes, Oscar de Moraes Cordeiro Netto, Sérgio Koide e Cristina Célia Silveira Brandão pela transmissão de conhecimentos e convivência acadêmica.

Aos amigos da turma de 1995, Carine, Gustavo, Paulo Celso, Mauro, Maurício, Elton, Regina, Harada, Rodrigo, Amy e Sheila pela amizade e pela troca de experiência durante o curso.

Aos amigos dos LAA, Boy, André, Afonso e Antônio Carlos pelo apoio e pelas conversas descontraídas sempre importantes.

Aos amigos do Departamento de Geografia da UnB.

Ao amigo Arthur pela elaboração e revisão do abstract.

Um agradecimento em especial aos amigos Abner Lima de Oliveira e Juan Marcelo pela amizade e imprescindível ajuda na confecção e editoração deste trabalho.

A CAPES pela bolsa de pesquisa oferecida durante sete meses do curso, e

Aos meus familiares e amigos, pela força, carinho e compreensão a mim dedicados durante todas as etapas de minha vida, e em especial nos momentos mais difíceis.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Lago Descoberto é de grande importância para o Distrito Federal, pois abriga o principal manancial de abastecimento público de água de Brasília. Por esse motivo, seus recursos ambientais devem ser preservados. No entanto, observa-se um avanço da degradação desses recursos, originada, entre outros fatores, pela expansão urbana crescente na região.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade das técnicas de Geoprocessamento para estudos de monitoramento da expansão urbana, em especial na Bacia no Lago Descoberto, no período de 1988 a 1995.

O trabalho demonstrou ser viável a utilização de Sistemas de Informação Geográfica para estudos dessa natureza e, através da elaboração e da superposição de planos de informação, obteve-se, de maneira eficaz, informações que podem servir como norteadoras de ações de planejamento urbano e ocupação do espaço.

Os resultados confirmaram que o vetor de expansão urbana é crescente na Bacia, fato este que já é do conhecimento dos órgãos competentes, e caso não sejam implementadas ações direcionadas para reduzir este processo, a região pode vir a sofrer grandes danos ambientais, comprometendo a qualidade da água do Lago.

ABSTRACT

The Descoberto Lake hydrographic basin is of great importance to the Federal District of Brazil, because it holds the main reservoir of public water supply to Brasília. For this reason, its environmental resources must be preserved. Nevertheless, it can be observed a growth on degradation of these resources caused, among other factors, by the increasing urban expansion in the region.

The objective of this work is to demonstrate the applicability of geoprocessing techniques in urban expansion monitoring studies, specially in the Descoberto Lake basin, in the period from 1988 to 1995.

This work demonstrates that the use of Remote Sensing and Geographic Information Systems in these kind of studies is viable. Through the elaboration and superimposition of information plans was obtained, effectively, data that can be used to guide urban planning activities and division of space. This technology also makes possible the automation of tasks done manually and facilitates the fulfillment of many kinds of analysis, by the integration of data from several sources and the creation of a geo-referred database.

The results confirmed that the urban expansion vector in the basin is increasing. The relevant and competent agencies are aware of this reality; and, if actions addressing the reduction of this process are not implemented, the region may suffer great environmental damage, affecting detrimentally the quality of the water of the Lake.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.2. JUSTIFICATIVA.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. EXPANSÃO URBANA.....	7
2.2. PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO.....	14
2.3. GEOPROCESSAMENTO.....	18
2.3.1. Sensoriamento Remoto.....	18
2.3.2. Sistemas de Informação Geográfica.....	26
2.4. Aplicações de Geoprocessamento em Estudos Ambientais/Urbanos.....	28
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.1. CLIMA.....	42
3.2. SOLOS.....	43
3.3. GEOMORFOLOGIA.....	44
3.4. VEGETAÇÃO.....	45
3.5. RECURSOS HÍDRICOS.....	46
4. BASE DE DADOS GEOREFERENCIADA.....	48
4.1. LIMITES DA BACIA.....	50
4.2. Uso/OCUPAÇÃO DO SOLO.....	52
4.3. TOPOGRÁFICO.....	68
4.4. DECLIVIDADE.....	88
4.5. PEDOLÓGICO.....	91
4.6. ZONEAMENTO(Uso/OCUPAÇÃO) PROJETADO.....	91
5. ESTUDO DA EXPANSÃO URBANA.....	96
5.1. MODELO METODOLÓGICO.....	98
5.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	102
5.3. CONCLUSÕES.....	116
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
ANEXOS.....	129
Anexo A: Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP nº 001/88.....	130
Anexo B: Processo de Gestão Ambiental da APA do Descoberto.....	133

ÍNDICE DE TABELAS

2.1: Potencial de Aplicação das Imagens LANDSAT/TM.....	20
2.2: Potencial de Aplicação das Imagens SPOT.....	21
5.1: Porcentagem de áreas conflitivas.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1: Proposta para a ocupação do solo em função da declividade.	13
2.2: Representação esquemática do pixel mistura	24
3.1 Localização da área de estudo	41
4.2: Janela móvel de 3x3 pixels	63
4.3: Diferenças dos valores médios de número digital	63
para as bandas espectrais originais e artificiais (classes urbano e campo).....	63
4.4: Variograma Padrão	73
4.5: Modelo de variograma não estacionário.	74
4.6: modelo de variograma esférico	75
4.7: Modelo de variograma gaussiano.	75
4.8: Modelo de variograma exponencial.	76
4.9: Histograma da área-teste “A”	78
4.10: histograma da área-teste “B”	78
4.11: Variograma Área-teste “A”	79
4.12: Variograma Área-Teste “B”	79
4.13: MNT da área teste A	81
4.14: MNT da área teste B	82
4.15 MNT da área estudada	86
5.1: Resumo esquemático da execução das etapas do diagnóstico.....	100

ÍNDICE DE CARTOGRAMAS

4.1: PI Limites da Bacia	51
4.2 PI Uso/ocupação do Solo de 1988	65
4.3 PI Uso/ocupação do Solo de 1993	66
4.4 PI Uso/ocupação do Solo de 1995	67
4.5 Fatiamento do MNT de 100 em 100 m	87
4.6: PI de Declividades	90
4.7 PI Pedológico	94
4.8: PI de Zoneamento Projetado	95
5.1: Conflito Entre Área Urbana de 1988 e Zoneamento Projetado.....	105
5.2: Conflito Entre Área Urbana de 1993 e Zoneamento Projetado.....	106
5.3: Conflito Entre Área Urbana de 1995 e Zoneamento Projetado.....	107
5.4: Evolução da Ocupação Urbana de 1988 a 1993.....	109
5.5: Evolução da Ocupação Urbana de 1993 a 1995.....	110
5.6: Adequação da Ocupação em Termos de Declividade.....	112
5.7: Adequação da Ocupação em Termos de Solos	115

ÍNDICE DE FOTOS

4.1: Área urbana Consolidada	57
4.2: Área Urbana Não Consolidada	58
4.3: Área de Reflorestamento	58
4.4: Reservatório	59
4.5: Vegetação de Cerrado.....	59
4.6: Vegetação de Campo	60
4.7: Área de Agricultura.....	60
4.8: Solo Exposto	61
4.9: Vegetação de Mata Ciliar	61
5.1: Área Característica de uma Invasão.....	97

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

°C	Graus Centígrados
APA	Área de Proteção Ambiental
Aw	clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é superior a 18°C
BDC	banco de dados convencional
BDG	banco de dados geográfico
BR	rodovia federal
C	escala
Ca	cálcio
CAD	Computer Aided Design
CAESB	Companhia de Água e Esgoto de Brasília
CENEC	Conselho Nacional de Engenheiros Construtores
CODEPLAN	Companhia de Desenvolvimento e Planejamento do DF
CROSSTAB	módulo de cruzamento do IDRISI
Cwa	clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C.
Cwb	clima de savana, cuja temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e do mês mais quente inferior a 22°C.
DBASE III	<i>software</i> de banco de dados
DF	Distrito Federal
DN	número digital
DXF	Digital Exchange Format
e	erro
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA	Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo
ERTS	Earth Resources Technology Satellites
EUA	Estados Unidos da América
GPS	Global Positional System
h	distância
ha	Hectare
H ₀	hipótese nula
HVR	Haute Resolution Visible

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IDRISI	<i>software</i> de geoprocessamento
IEMA	Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do DF
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
K	potássio
km²	quilômetro quadrado
LANDSAT	satélite de observação da terra (originalmente denominado ERTS)
L-O	leste-oeste
m	metro
MAXLIKE	modulo de classificação do IDRISI
MDE	modelo digital de elevação
mm	Milímetro
MNT	Modelo Numérico do Terreno
Mg	magnésio
MSS	multispectral scanner subsystem
n	número de pontos amostrais considerados
n-h	número de comparações entre pares de pontos
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NE-SO	nordeste-sudeste
NO-SE	noroeste-sudoeste
N-S	norte-sul
PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PI	plano de informação
PICAG	Programa Integrado da Colônia Alexandre de Gusmão
PIXEL	contração de picture element
raster	formato matricial
REM	radiação eletromagnética
SAGA	Sistema de Análise Ambiental
SCSC	composição espectral de classes espectrais
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
SEMATEC	Secretaria do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do DF
SICAD	Sistema Cartográfico do DF

SIG	Sistema de Informações Geográficas
SITIM	Sistema de Tratamento de Imagem
SNLCS	Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos
SPOT	Systeme Pour l’Observation de La Terra
TIN	rede de triângulos irregulares
TM	tematic mapper
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UnB	Universidade de Brasília
UTM	projeção Universal Transversa de Mercator
w_i	peso correspondente à amostra no ponto i
x_i	valor da variável na posição i
x_{i+1}	valor da variável a uma distância h a partir de i
z_0	valor interpolado
z_i	vizinho mais próximo
ZCAU	Zona de Controle de Área Urbana
ZCAR	Zona de Controle de Área Rural
ZCE	Zona de Controle Específico
ZOP	Zona de Ocupação Programada
ZPR	Zona de Preservação e Recuperação

1. INTRODUÇÃO

O conceito de urbanização evoluiu na história desde o aparecimento das primeiras cidades, e hoje pode-se dizer que este processo implica no exame da variação no tamanho, número e localização de aglomerações urbanas. Este conceito, de acordo com Carter (1972), envolve três aspectos: o primeiro diz respeito ao crescimento físico da cidade; o segundo, ao surgimento de uma rede urbana; e o terceiro, às mudanças e transformações sócio-econômicas e tecnológicas que a cidade sofre em função de suas novas necessidades. Entretanto, é importante destacar que a urbanização de uma área também pode ser realizada, não só pelo seu crescimento físico, mas também, através do adensamento de áreas já ocupadas. Esse processo ocorre, na maioria dos casos, de forma desordenada e, entre as consequências mais negativas estão as mudanças nas características físicas das bacias hidrográficas ocupadas e do ciclo hidrológico. Pode-se citar como impactos mais importantes, segundo Spineli, *et.al.* (1995), os seguintes:

1-Consequências sobre a ocupação do solo: a) proliferação de assentamentos executados sem condições técnicas adequadas; b) ocupação de áreas impróprias (como várzeas ou cabeceiras íngremes); c) proliferação de favelas e invasões; e d) ocupação adensada dificultando a construção de canalizações;

2- Consequências no comportamento político-administrativo: a) a disputa por recursos entre setores da administração urbana faz prevalecer a tendência de se atuar corretivamente em pontos isolados; b) as políticas de uso e ocupação do solo são dificultadas por conflitos de interesses; e c) políticas de médio e longo prazo são colocadas em segundo plano.

No Brasil, já há algumas décadas que o crescimento urbano vêm ocorrendo de forma bastante desordenada, assim, surge a necessidade de um planejamento territorial mais eficiente.

De acordo com Tucci (1993), *“o planejamento pode ser conceituado como sendo uma parte da gestão do meio ambiente que trata da realização de estudos e preparação de documentos, visando a orientação e adequação das intervenções humanas no ecossistema”*. Desse modo, o planejamento territorial consiste num processo contínuo de tomada de decisões

de forma sistemática, com o melhor conhecimento possível de sua futuridade, baseando-se em organizar esforços para efetivar as decisões e avaliar os seus resultados.

As vantagens de uma atividade de planejamento residem no fato de existirem iniciativas de intervenção econômica que podem muitas vezes ser conflitantes ou complementares. São conflitantes quando competem pela utilização dos mesmos recursos disponíveis e são complementares quando uma gera recursos para a outra. Articular essas iniciativas é, portanto, tarefa importante como forma de torná-las mais eficientes, onde o planejamento age como um instrumento de coordenação das mesmas.

O termo planejamento é amplo e necessita de uma delimitação. De acordo com Krafta (1994), é preciso não só reconhecer desde já a vasta amplitude do território teórico implícito ao termo planejamento, mas também, pode-se destacar que a visão atual de planejamento está imbuída de interdisciplinariedade, o que constitui grandes avanços em termos teóricos. Porém, a questão é como tratar essa interdisciplinariedade na tentativa de fundir os inúmeros conhecimentos para a sistematização dos problemas territoriais (meio ambiente).

O conhecimento do território pode ser obtido através da análise e interpretação de um extenso elenco dessas informações, isto é, variáveis dos mais diversos tipos, com as quais se tenta representar a totalidade, isto é, o território e seu comportamento.

Problemas ambientais, e obviamente as variáveis que os representam, ocorrem dentro das dimensões básicas do mundo físico, isto é, possuem expressão territorial (espaço) e uma dinâmica (tempo). A escala temporal refere-se a uma dinâmica, evolução no tempo de uma determinada característica, fenômeno ou comportamento do meio ambiente, já a escala espacial constitui a manifestação geográfica das características do território.

Da mesma forma que a interdisciplinariedade representa uma dificuldade no processo de planejamento, às vezes, a falta de recursos para a manipulação e o tratamento de grande volume de informação temporal e espacialmente distribuída, se traduz também numa complexidade a mais nas atividades de planejamento.

Freqüentemente ocorre que, na prática, é assumida a hipótese de homogeneidade espacial, o que atende parcialmente aos objetivos do planejamento, uma vez que o preço dessa simplicidade se traduz na imprecisão dos resultados (aumentam as incertezas a eles associados). Para permitir uma representação mais realista do sistema estudado torna-se necessário empregar ferramentas especiais para gerar e processar esses dados espacialmente distribuídos. Neste contexto, ferramentas como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) surgem com um enorme potencial.

Nas questões urbanas que envolvem o meio ambiente, o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica estão entre os mais modernos instrumentos para o auxílio ao planejamento territorial e ao monitoramento. De acordo com Camargo (1995), uma vez que, entre as principais aptidões dos SIG's, encontra-se a de simular e interrelacionar eventos de natureza intrinsecamente espacial, esta ferramenta permite a projeção de cenários para efeito de planejamento, bem como o modelamento de funções de correlação e a interação de dados de monitoramento para efeito de controle, supervisão e obtenção de diagnósticos.

Tendo em vista o que foi exposto acima, esta pesquisa será conduzida de forma a propor uma metodologia para a incorporação de técnicas de geoprocessamento às atividades de planejamento territorial. Salienta-se que não serão abordados temas específicos do planejamento, e sim a obtenção de informações e geração de produtos que poderão servir de subsídios às atividades de planejamento propriamente ditas.

1.1. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral, demonstrar o potencial de aplicação das técnicas de sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica no que diz respeito à sua capacidade de instrumentalizar o homem em suas ações inerentes ao planejamento territorial, de forma a harmonizar o desenvolvimento econômico à qualidade de vida e proteção/preservação do meio ambiente.

São objetivos específicos:

- Implementar uma base de dados geo-referenciada para a área de drenagem do Lago Descoberto, a qual servirá de instrumento para subsidiar ações de planejamento territorial, especificando o seu conteúdo e detalhando as técnicas para o seu estabelecimento.

- Realizar um diagnóstico ambiental, isto é, determinar as condições ambientais existentes na área de estudo. Compreende os tratamentos necessários à identificação de situações ambientais relevantes para o equacionamento dos problemas ambientais detectados.

Esclarece-se que, para demonstrar a aplicabilidade da metodologia proposta, será abordado apenas um aspecto da atividade de planejamento, o que diz respeito à determinação da tendência de crescimento da expansão urbana na Bacia, e a identificação de possíveis mudanças que podem vir a ocorrer no meio ambiente devido a essa expansão, especificamente: monitorar o crescimento urbano na série temporal de 1988, 1993 e 1995.

1.2. JUSTIFICATIVA

A Bacia Hidrográfica do Lago Descoberto constitui-se atualmente num dos principais mananciais de abastecimento público do Distrito Federal, atendendo em torno de 60% da população. A previsão para o ano 2000 é de atender a cerca de 2/3 da demanda de água. No entanto, a qualidade da água do Lago Descoberto e as condições ambientais desta região estão sendo ameaçadas por um processo de degradação que vem se acelerando nos últimos anos. Por isso é necessário um disciplinamento da ocupação da área da bacia e do correspondente uso do solo.

O uso do solo, via de regra, é indisciplinado, desordenado, muito diversificado e dinâmico. No caso do Lago Descoberto, encontram-se várias formas de uso e ocupação do solo em sua bacia hidrográfica como por exemplo, uso urbano, chácaras produtivas, cultura e pecuária e etc. Cada uma delas causa diferentes tipos e intensidades de impacto no solo gerando graves conseqüências para o sistema natural. Toda essa diversidade na ocupação e nos tipos de uso dos solo na Bacia gera diferentes interesses em relação à água dos mananciais. Com isso, algumas ações praticadas e pretendidas tornam-se conflitantes, sendo necessária a

criação de mecanismos legais para viabilizar a exploração do potencial econômico da região, de uma forma harmoniosa.

A solução então encontrada pelos órgãos competentes foi a criação da Área de Proteção Ambiental - APA do Descoberto, através do Decreto nº 88.940, de 07 de novembro de 1983. As APA's são Unidades de Conservação do meio ambiente pouco restritivas, mas que viabilizam uma ocupação ordenada do solo e controlam as atividades desenvolvidas, evitando a poluição e degradação do meio ambiente.

Contudo, estas regras estabelecidas para a APA do Descoberto vêm sendo desrespeitadas e a Bacia já apresenta problemas quanto à qualidade de seu meio ambiente. Tem-se observado que os indicadores de qualidade da água começam a dar sinais de que a poluição na rede de drenagem da Bacia vem aumentando.

O maior empreendimento que existe na Bacia do Lago Descoberto é o Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão - PICAG - núcleo agrícola implantado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA em 1964, mas com a valorização desta região, alguns agricultores desistiram de plantar e venderam seus lotes; os compradores, por sua vez, dividiram a área em lotes menores transformando-os em condomínios residenciais. Como exemplo, tem-se o assentamento Lucena Roriz, onde vivem hoje mais de duas mil famílias, em situação completamente irregular. Os lotes são freqüentemente parcelados, adensando o núcleo, e muitas casas foram construídas em área de preservação permanente. Nestes locais não há coleta de esgoto e lixo, e a sujeira é levada para dentro dos cursos d'água e para o Lago.

Um outro núcleo urbano que se expandiu na região é o INCRA 8, formado inicialmente para a moradia de funcionários do INCRA que dariam assistência aos agricultores. O processo de reparcelamento dos lotes é crescente assim como o adensamento do núcleo. Os esgotos são coletados em fossas rudimentares, o que pode acarretar a contaminação do lençol freático.

Outra ocupação urbana na Bacia é a cidade satélite de Brazlândia. Apesar da construção da cidade ser bem anterior à criação do Lago e da APA, seu crescimento populacional foi maior que o esperado; em 1970 possuía pouco menos de 10 mil habitantes;

dez anos depois já eram mais de 22 mil e hoje a população encontra-se em torno dos 46 mil. Seus esgotos são coletados, tratados e exportados para outra bacia hidrográfica. Decorrente do crescimento urbano de Brazlândia, o aumento do escoamento superficial constitui um sério problema na Bacia. Já o volume de águas pluviais é muito grande e seu despejo na bacia do córrego Currais, tributário do Descoberto, provocou o aparecimento de imensas voçorocas. Os sedimentos provindos dessas erosões causaram o assoreamento da captação de água da CAESB (Companhia de Água e Esgoto de Brasília) que, por esse motivo, foi desativada.

Para reverter este processo de degradação do meio ambiente local, estudos devem ser realizados com a finalidade de permitir simulações de situações ambientais futuras, críticas ou não, dentro da Bacia, para que sirvam de auxílio ao processo de planejamento e gestão da bacia hidrográfica. É nesta etapa que evidencia-se a importância desta pesquisa ao demonstrar a potencialidade das técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento territorial.

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica contribuirá para a realização do diagnóstico ambiental da área de estudo, auxiliado pela criação de uma base de dados georeferenciados onde estarão contidos os dados ambientais básicos e compreenderá o acompanhamento da evolução da expansão urbana. Esse diagnóstico, por sua vez, servirá de base para a realização do prognóstico ambiental, o que permitirá prever problemas ambientais que poderão ocorrer se não forem tomados os cuidados necessários para a preservação e conservação da Bacia.

Desse modo, poderão ser dimensionados mecanismos preventivos do aumento da degradação ambiental na Bacia do Lago Descoberto, isto é, a definição de normas de utilização dos recursos disponíveis.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. EXPANSÃO URBANA

O problema da expansão urbana é uma questão que vem sendo amplamente discutida, principalmente nas metrópoles. A preocupação com a ocupação sócio-espacial torna-se cada vez mais necessária com o surgimento de núcleos urbanos não-consolidados, isto é, que não são dotados de equipamentos urbanos básicos, representados pelos loteamentos clandestinos e até mesmo invasões.

A ampliação de espaços urbanos pode ser explicada através da ação de segmentos da sociedade (atores) que moldam o quadro urbano. Três atores possuem ação destacada: o Estado, representado pelas instâncias do poder público influentes na escala local; o Capital, representado por empresas imobiliárias e o Morador, representado pelos compradores ou usuários dos imóveis.

A literatura detém o Estado como grande ator, em razão dos diversos organismos e instituições, que acionados pelo próprio Estado para proceder suas finalidades principais, acabam por manter e perpetuar o crescimento urbano (Paviani, 1989).

Convém destacar a situação dos assentamentos particulares (loteamentos), já que a questão loteamentos/condomínios está ligada à crescente necessidade de moradia da população do Distrito Federal e entorno. Cada assentamento particular possui uma história própria que pode ser representada por etapas que se encadeiam: (1) parcelamento do terreno; (2) lançamento e comercialização; e (3) primeira ocupação e desenvolvimentos posteriores. (Valladares, 1980)

A história dos loteamentos pode ser vista como um processo de oposições e conjugações entre os interesses dos três atores acima citados. *“O loteamento é uma grande gleba de terra cujo primitivo uso rural é transformado pela proximidade de um centro urbano em expansão. Com fins especulativos, essa terra é dividida em lotes para a finalidade de moradia”* (Valladares, 1980).

A primeira divisão da terra é feita pelos proprietários que montam para isso empresas imobiliárias. Como o parcelamento raramente cumpre todos os requisitos da lei, é muito comum que os loteamentos sejam clandestinos e que contem, para se efetivar, com a conivência do Poder Público.

Os custos dos lotes oferecidos no mercado são muito baixos. Isto ocorre porque nos loteamentos não existe nenhuma infra-estrutura básica, como rede de água e esgoto, luz elétrica e asfaltamento.

Nos loteamentos existem “corretores” que moram no próprio loteamento e representam os interesses da empresa imobiliária. Eles tratam os compradores de forma personalizada, podendo o lote ser pago em prestações baixas e fixas. Desse modo, o lote sai barato e conveniente para a população de baixa renda.

As empresas nunca vendem seus lotes de uma só vez e essa é uma das causas que fazem seu empreendimento rentável, apesar dos preços baixos de venda das unidades. Os primeiros lotes comercializados são os de mais difícil acesso, com piores condições físicas de terreno. Quando já existe uma quantidade elevada de moradores no local, é que são lançados os lotes melhores, a preços mais altos.

As populações que começam a se concentrar nos loteamentos possuem poder de troca política. Elegendo representantes no Poder Público, reivindicam benefícios sob a forma de bens de consumo coletivo. A ação política, por sua vez, possui resultados econômicos: há uma valorização das moradias e dos terrenos, valorização que cresce a cada novo investimento.

A cada conquista corresponde uma dupla apropriação: a dos moradores que, além de terem as suas condições de moradia melhoradas, possuem um sobrevalor acrescido ao seu patrimônio; e a do empresário que vê o mesmo sobrevalor fazer crescer o valor de seus terrenos remanescentes sem que para isso tenha feito o menor esforço, já que os custos econômicos foram “fabricados” a partir de um custo social que não lhe diz respeito.

Assim, os interesses dos atores, apesar de teoricamente fazerem pensar em contradição, na prática são pouco conflitantes. Há ocasiões em que empresários e moradores agem juntos

(cada qual visando os seus fins) assim como o Estado (representado, por exemplo, por um vereador, prefeito etc.).

A questão dos loteamentos ou condomínios está diretamente relacionada ao crescimento demográfico do Distrito Federal, portanto à necessidade de moradia da crescente população e à especulação imobiliária.

A ação dos especuladores imobiliários se dá, na área de estudo, da seguinte forma: a princípio, os especuladores imobiliários realizam um parcelamento de lotes de 2 ha, tamanho do módulo rural mínimo. Posteriormente, caracterizam esses loteamentos como condomínios, onde as pessoas tornam-se co-proprietárias. E a partir deste ponto é feito o parcelamento dos lotes em partes menores, transformando o espaço antes destinado às atividades agrícolas em um espaço com fins urbanísticos.

O Plano Diretor de Ordenamento Territorial - PDOT (1996), aprovado pela Lei nº 353, de 18/11/1992, estabelece uma série de normas para a implantação de um parcelamento do solo, como por exemplo, a necessidade do licenciamento ambiental e a exigência do Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório EIA/RIMA. Entretanto, esses condomínios, como são irregulares, não respeitam as exigências do PDOT, trazendo consigo o velho problema da falta de infra-estrutura e saneamento básicos

Na maioria dos condomínios os lotes são pequenos e muito próximos, não existindo espaços mínimos entre poços e fossas sépticas. A inexistência da rede de esgoto faz com que os moradores façam uso das fossas que podem atingir diretamente o lençol freático, além disso, esses condomínios estão instalados em áreas onde a declividade é elevada, fazendo com que os dejetos, detritos e sedimentos sejam carreados pelas águas das chuvas para dentro do Lago.

Verifica-se que muitos loteamentos/condomínios vêm se instalando na Bacia do Lago Descoberto e com seus problemas estruturais afetam direta e indiretamente as águas do Lago.

O que é interessante observar é que os loteamentos não são estabelecidos através de uma regra autoritária, estabelecida de forma rígida. Não obedecem a planos e programas do

Governo. Surgem no meio da necessidade de fornecer alternativas mais viáveis para morar, entretanto, não têm nada de espontâneos. São induzidos, possuem padrões e modelos, sendo que o que os faz diferentes dos programas oficiais do Governo, são os seus graus de autonomia nos processos de gestão, produção, comercialização e uso da terra. Essa é uma das razões de sua enorme eficácia, tanto na oferta e consumo de terras, como de moradias

A criação de loteamentos pode constituir, em última instância, a expansão urbana, processo este de crescimento do núcleo urbano existente, implicando na substituição de elementos naturais remanescentes por elementos construídos num processo de transformação que afeta o equilíbrio da paisagem e suas características visuais.

Infelizmente, nem sempre ocorre o que seria teoricamente desejado. O processo de ocupação é feito sem a devida implantação da infra-estrutura necessária, o crescimento é desordenado, e não são consideradas as características naturais do meio. Desse modo uma das conseqüências do processo de expansão urbana é a degradação do meio ambiente. Alguns dos impactos são:

- Alterações no ambiente terrestre, necessárias à implantação da área urbana (movimentos de terra; desmatamentos, desvios de cursos d'água, etc.);
- Utilização dos recursos naturais, como fonte de recurso necessário às atividades humanas como a captação de água para abastecimento público; e
- Lançamento de resíduos no ambiente.

Existem várias características a serem consideradas, no momento e na forma como se processa a ocupação. A topografia, os tipos de solo, os recursos hídricos e a cobertura vegetal constituem algumas das características importantes do meio que podem ser utilizadas como elementos que orientarão a definição de áreas propícias ou não à expansão urbana, assim como a definição dos diversos tipos de uso do solo.

A seguir são discutidas algumas dessas características ambientais, enfatizando que suas implicações não ocorrem de forma isolada, mas que as mesmas se apresentam interrelacionadas, influenciando uma sobre as outras.

A topografia constitui um fator que influencia diretamente no processo de expansão urbana. Por exemplo, terrenos com grandes declividades, são considerados não apropriados para a ocupação urbana, devidos aos problemas de instabilidade e erosão que eventualmente possam ser desencadeados devido à essa ocupação.

Pode-se citar como um dos maiores problemas decorrentes desta interferência, o rompimento do equilíbrio da paisagem traduzido no processo de erosão acelerada. A erosão constitui um processo natural de retirada e transporte das partículas do solo pela ação da água e do vento. As ações antrópicas, de retirada da cobertura vegetal, da camada superficial do solo e da alteração da rede de drenagem natural, aceleram o processo que denomina-se de erosão acelerada.

Alguns fatores que contribuem para o aparecimento da erosão acelerada, desencadeada pela expansão urbana são: a impermeabilização do solo e a retirada da cobertura vegetal, atividades que diminuem a infiltração da água e conseqüentemente aumentam o escoamento superficial, e as alterações na topografia, concentrando o escoamento. O tipo de solo, o regime pluviométrico, a cobertura vegetal, a litologia e a declividade das encostas, são responsáveis pela maior ou menor susceptibilidade de uma área à erosão.

Uma medida de grande importância no controle preventivo da erosão é a ocupação ordenada das encostas em função da declividade do terreno. Já é possível, encontrar-se definidas taxas de ocupação do solo em função da declividade em Planos Diretores de algumas cidades brasileiras. De acordo com Mota (1981), para se determinar taxas de ocupação de uma determinada área deve-se levar em conta vários fatores: tipo de solo; vegetação; escoamento natural das águas; extensão do declive, insolação, circulação do ar, entre outros. Cada um desses fatores condiciona o processo de ocupação do solo de maneira diferenciada.

Determinados tipos de solo estão mais sujeitos à erosão, devido às suas próprias características de desagregação. Áreas que possuem solos dessa natureza, devem ser identificadas e protegidas através de preservação total ou fixação de pequena densidade de ocupação. Essas áreas podem ser destinadas para recreação, desde que mantenha-se uma vegetação protetora sobre as mesmas.

Alterações no sistema natural do escoamento superficial, através de obras de construção civil e aterramentos, normalmente provocam um incremento no processo de erosão devido à mudança no curso natural do escoamento. No caso de haver necessidade de mudanças nos cursos normais das águas, as mesmas devem ser executadas após cuidadosa análise dos efeitos que podem resultar dessas alterações.

A vegetação é outro fator importante, pois constitui uma barreira física ao transporte de material; proporciona uma estrutura mais sólida ao solo, devido ao sistema radicular das plantas; amortece o impacto da águas das chuvas sobre o solo e; eleva a porosidade do solo e, portanto, sua capacidade de absorção de água. Assim, o transporte de partículas se torna muito mais reduzido nas áreas onde o solo é coberto por vegetação.

Devido a todos esses fatores, a escolha dos valores exatos para a definição de taxas de ocupação fica a critério dos planejadores, dependendo das características específicas de cada local. Mota (1981), sugere, de uma maneira geral, intervalos de densidade de ocupação em função da declividade, que varia de 0 a 5%, 5 a 15%, 15 a 20% e > 30%. Esses intervalos foram adaptados à área estudada, adicionando-se o intervalo de 20 a 30%, como mostra a Figura 2.1. Se o terreno possuir uma declividade menor que 5%, o mesmo se caracteriza como propício à ocupação; se a declividade variar entre 5 a 30%, o terreno se caracteriza como sendo aceitável à ocupação, desde que se tomem os devidos cuidados; e se a declividade ultrapassar 30%, o terreno se caracteriza impróprio para ocupação. Deve ser observado que, neste caso, a “área ocupada” é entendida como todo terreno impermeabilizado por construções ou pavimentações de vias públicas, ou seja, a área restante é a que deve permanecer em seu estado natural.

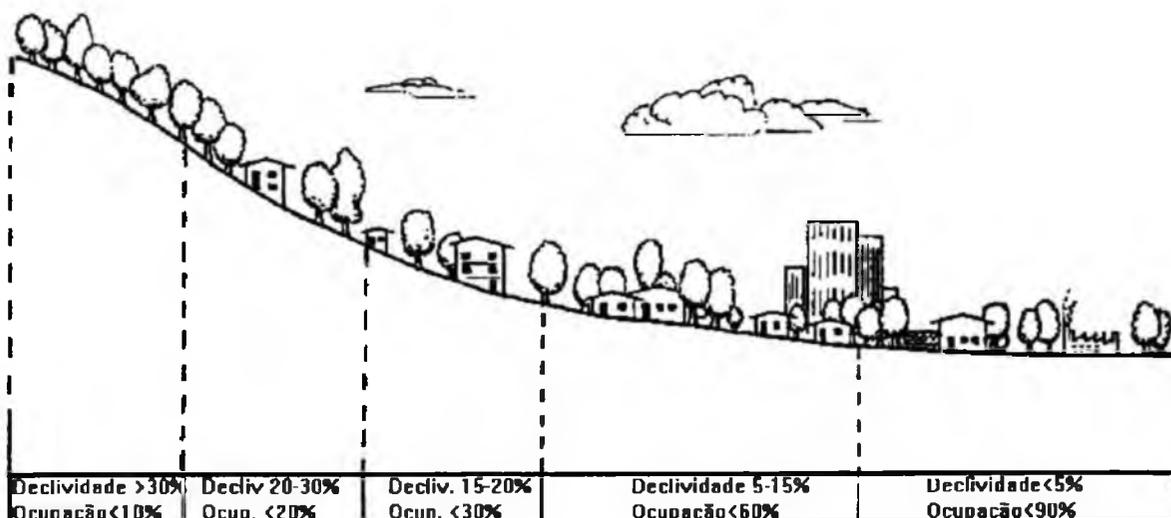


FIG 2.1: PROPOSTA PARA A OCUPAÇÃO DO SOLO EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE.

Os recursos hídricos também estão entre as características ambientais importantes a serem consideradas na ocupação urbana. Os estudos hidrológicos possuem dois enfoques: o primeiro relaciona-se à preservação dos recursos hídricos como bem de consumo e o outro refere-se ao seu papel como fator de equilíbrio do meio ambiente.

Não se pode pensar em estender a ocupação humana sem identificar, por exemplo, as possibilidades de abastecimento de água. A irregularidade do abastecimento público de água está relacionada à manutenção de certos fatores ambientais como: a cobertura vegetal e a permeabilidade dos solos. Esses fatores, quando alterados pela ocupação, produzem mudanças no regime dos recursos hídricos que podem resultar, tanto em inundações, como em secas.

Outras conseqüências do processo de expansão urbana no regime dos recursos hídricos, diz respeito à:

- Diminuição da infiltração da água, devido à impermeabilização e compactação do solo;
- Mudanças no nível do lençol freático, podendo ocorrer redução ou esgotamento do mesmo;
- Aumento da ocorrência de enchentes; e
- Poluição das águas superficiais e subterrâneas.

Todas as alterações descritas anteriormente, constituem alguns dos exemplos de como a expansão urbana pode resultar em modificações ambientais, cabendo ao homem procurar

adequar este processo ao ambiente físico existente, de modo que os efeitos negativos sejam os mínimos possíveis. Entende-se que um planejamento urbano que considere os aspectos ambientais pode minimizar essas conseqüências.

2.2. PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO

O objetivo do planejamento é ordenar o crescimento do espaço físico de uma determinada área assim como suas atividades e funções de modo a minimizar os problemas decorrentes deste processo. Cabe também ao planejamento, elaborar respostas aos problemas decorrentes das transformações do espaço físico de modo a criar condições para que o núcleo urbano se reorganize, permitindo satisfazer o desenvolvimento dessas atividades e funções. (Gobbi, 1989). Entretanto, de acordo com Anjos (1991), o planejamento urbano, como instrumento político e técnico, enfrenta dificuldades, principalmente no que se refere à sua manipulação para atender a setores dominantes da sociedade.

Essa atitude, faz com que não haja um intercâmbio de informações entre os planejadores e a população, para que a mesma possa exercer influência nos processos de decisão, de modo que suas reivindicações possam ser incorporadas nas políticas elaboradas.

Assim como um dos objetivos do planejamento é justamente promover o bem estar da população, o mesmo deve também visar a preservação do meio ambiente que envolve a área a ser urbanizada. Sabendo-se que a distribuição dos usos do solo se faz de forma variada, em função de características próprias de cada área, quase sempre essa distribuição resulta em modificações do meio natural.

O planejamento urbano tem sido realizado considerando critérios sociais, econômicos e culturais. Entretanto, muito pouco tem sido feito sob o aspecto ambiental. Segundo Bormann (1987), “ *a inserção da dimensão ambiental nos processos de planejamento territorial ainda não ocorre com a desejada eficiência.* ” Essa dificuldade pode ser atribuída a fatores de ordem política, no sentido de que as decisões políticas não priorizam as questões ambientais; e de ordem técnica, quando falta aos técnicos de planejamento um conhecimento mais aprofundado com relação aos fatores ambientais e suas implicações no planejamento.

Neste contexto, o disciplinamento do uso do solo, isto é, um zoneamento, constitui uma importante ferramenta no processo de ordenamento territorial. Segundo Mota (1981), “o zoneamento, com a definição de usos preponderantes, compatíveis ou indesejáveis para as diversas áreas de uma localidade, pode resultar numa adequada distribuição de atividades, evitando-se, assim, efeitos negativos sobre o meio ambiente e sobre a vida dos que ali vivem”. Assim, entende-se por zoneamento, a divisão de uma área geográfica em setores, onde certas atividades de uso da terra são permitidas e outras não, de maneira que se compatibilizem as pressões de alteração física com as de preservação do meio ambiente (Griffith, 1989).

Como uma das principais ferramentas do planejamento urbano, o zoneamento constitui-se no dispositivo legal mais simples para a implantação de um plano de uso do solo numa determinada área. Teoricamente, através do mesmo pode-se assegurar que os diferentes usos do solo serão adequadamente distribuídos na área. As variáveis ambientais são inseridas quando o zoneamento procura ordenar o território segundo suas características bióticas básicas, interrelacionadas com as características abióticas. Assim, a área é dividida em setores onde indica-se as partes mais propícias a certos usos e esta indicação apoia-se em fatores da paisagem natural.

No caso de uma bacia hidrográfica, por exemplo, as atividades antrópicas nela realizadas quase sempre resultarão em alterações nos recursos hídricos. Desse modo, as medidas de planejamento territorial devem garantir os recursos hídricos na quantidade necessária e na qualidade desejada aos seus diversos usos. A ocupação de uma bacia deve ser orientada no sentido de melhor se adequar às características ambientais da mesma. Os projetos de parcelamento do solo devem adequar-se às características físicas do meio, tais como: topografia, drenagem, vegetação, tipo de solo etc. Mota (1995), descreve como melhor projeto de loteamento, em uma bacia, “aquele cuja distribuição das vias públicas e dos lotes considera a topografia do terreno e o caminho natural do escoamento superficial, que preserva as áreas marginais aos recursos hídricos, que protege áreas de valor ecológico, ou que prevê lotes maiores e com menor ocupação para as áreas ambientais críticas, tais como zonas de vegetação, de encostas, de recarga de aquíferos ou sujeitas à erosão”.

Sabemos, no entanto, que definido o zoneamento, bem como estabelecidas as normas de parcelamento do solo, as mesmas são muitas vezes desrespeitadas, o que sugere uma fiscalização deficiente ou mesmo um planejamento falho. Assim dificilmente serão alcançados

os objetivos que regem o relacionamento do planejamento territorial com a proteção ambiental, tendo como conseqüências a degradação do meio e a diminuição da qualidade de vida da população.

Um exemplo de compatibilidade entre o planejamento e a preservação ambiental é citado por Mota (1995), e se reflete nas ações da Comissão de Planejamento da Filadélfia/EUA, que ao instituir o Regulamento da Bacia Hidrográfica de Wissahickon, acrescentou ao código de zoneamento existente dispositivos de controle do meio ambiente. A própria Comissão reconhecia que, até aquela data, 1975, a legislação de uso do solo baseava-se nos conceitos tradicionais de planejamento, não tratando diretamente sobre a proteção do meio ambiente natural. As medidas de preservação ambiental foram propostas visando evitar a degradação do rio Wissahickon e do Parque Fairmount, situado às suas margens. As normas de disciplinamento do desenvolvimento da área da bacia compreenderam, principalmente: o controle dos movimentos de terra; da erosão e do escoamento superficial; limitações quanto à impermeabilização do solo; controle de ocupação de encostas e definição de faixas de proteção para os cursos d'água. As várias medidas, preventivas e corretivas, foram propostas visando os movimentos de terra na bacia, controlar o escoamento, a erosão e a sedimentação do solo, existindo, para isto, um regulamento específico. A impermeabilização do solo na bacia foi limitada através de restrições variáveis para as diversas áreas, dependendo do impacto ambiental que o desenvolvimento pudesse causar nos cursos d'água. Nas áreas onde existia maior necessidade de áreas livres, o percentual de impermeabilização permitido foi de até 20%. A ocupação dos terrenos de encosta foi controlada proibindo a ocupação dos terrenos com declividades superiores a 25%. Precauções especiais foram requeridas na ocupação de terrenos com declividade entre 15 e 25%, sendo permitida uma utilização mais intensa dos terrenos com menos de 15% de declividade. As margens dos cursos d'água foram preservadas através de faixas de proteção. Foram exigidas faixas de proteção com largura mínima de 60 metros para as drenagens perenes e de 15 metros para as drenagens intermitentes.

Além das medidas já comentadas, a Comissão de Planejamento fez outras exigências visando a preservação do meio ambiente natural constituído pelo rio e suas margens, podendo-se citar: controle da vegetação; proteção da drenagem natural das águas; preservação da paisagem; faixas de proteção para afastamento de usos conflitantes e controle de visitas públicas. Todo esse controle permitiu a ampliação gradativa do Parque e da área de proteção

do rio, constituindo um exemplo real de como se pode associar o planejamento territorial à preservação dos recursos naturais, obtendo-se inúmeros benefícios para todo o ambiente natural e para os seus habitantes.

Ressalta-se aqui a importância dessas medidas no que se refere às áreas adjacentes aos cursos d'água e ao reservatórios. Essas áreas possuem uma grande importância no controle da qualidade e da quantidade de água que alcança os mananciais. A ocupação dessas áreas resulta na impermeabilização do solo, conseqüentemente aumento do escoamento, além do aparecimento do processo de assoreamento do corpo d'água devido ao carreamento de sedimentos.

Por este motivo, é recomendável a adoção de faixas de proteção, praticamente em condições naturais, às margens dos corpos d'água, para reduzir estes efeitos. A largura dessa faixa é determinada em função das condições de drenagem do local.

Dentre as medidas previstas no Plano de Proteção do Lago Descoberto, elaborado pela CAESB/CENEC (1985), visando a preservação da qualidade e volume da água disponível no manancial, está a desapropriação de áreas na periferia do reservatório, a fim de isolá-la com uma faixa de proteção de 125 metros a partir da cota 1.032m.

Infelizmente, mesmo sendo notório os benefícios da adoção de medidas como esta, evidenciados no trabalho da Comissão de Planejamento da Filadélfia, os esforços em implementar essas medidas, em nosso país, ainda esbarram em reações negativas da população, limitações financeiras do governo e outros empecilhos, como é o caso do Lago Descoberto.

A desapropriação das terras adjacentes ao reservatório já foi aprovada. Entretanto, a reação dos chacareiros e a falta de recursos impede a implementação da faixa de proteção que se traduzirá na implantação de florestas industriais de *Pinus* (20%) e *Eucaliptus* (80%). Assim, hoje o que se observa na área é uma ocupação progressiva, especialmente na parte situada no Estado de Goiás. Como conseqüência direta da rápida ocupação daquelas terras, houve uma valorização dos imóveis limítrofes à cota 1032m. Essa nova situação, conduziu a ação dos especuladores imobiliários, com tentativas de implantação de loteamentos com características urbanas.

2.3. GEOPROCESSAMENTO

O termo Geoprocessamento pode ser definido, de acordo com Rosa e Brito (1996), como sendo o conjunto de técnicas destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Neste grupo de técnicas, destacam-se a aquisição de informações e o processamento digital de imagens orbitais de Sensoriamento Remoto e a manipulação dessas informações no âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica (SGI's).

2.3.1. Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido como a técnica que visa obter informações a respeito de objetos/alvos a partir de medições feitas à distância, sem entrar em contato direto com o objeto. A metodologia mais utilizada é aquela baseada na análise da energia ou radiação eletromagnética (REM) refletida ou emitida pelos alvos.

As técnicas de sensoriamento remoto evoluíram a partir de necessidades militares, sendo utilizadas juntamente com a astronomia, a geofísica e a aerofotogrametria. Atualmente essas técnicas são utilizadas para identificar, mapear e cadastrar os recursos naturais e monitorar a atividade antrópica (ocupação urbana, poluição, modificações ambientais e etc.). As pesquisas em sensoriamento remoto, durante os últimos 15 anos, vêm produzindo ferramentas cada vez mais sofisticadas, ampliando seu campo de aplicação a uma enorme gama de problemas que envolvem ecologia, recursos naturais e a expansão urbana.

Segundo Koffler (1993), os estudos sobre os recursos naturais da terra realizados através de imagens de satélite tomaram um grande impulso a partir do lançamento pela NASA do primeiro satélite desenvolvido especialmente para o monitoramento dos recursos naturais, ERTS - 1, em 1972, rebatizado posteriormente de LANDSAT 1.

Desde então a superfície terrestre passou a ser imageada contínua e sistematicamente a intervalos de 18 dias pelos 3 primeiros satélites da série e de 16 dias pelo LANDSAT 4 e o atual LANDSAT 5.

Haefner (1989), descreve as potenciais aplicações do sensoriamento remoto, atribuindo uma abordagem hierárquica a essas aplicações, as quais se baseiam num sistema que incorpora a previsão de mudanças futuras. Essas aplicações incluem o mapeamento, o inventário, o monitoramento e a previsão. O mapeamento leva em consideração apenas aspectos qualitativos da interpretação visual da imagem. Já o inventário, leva em consideração tanto os aspectos quantitativos como qualitativos, combinados com trabalhos de campo, interpretação visual e classificação digital. O monitoramento diz respeito aos aspectos qualitativos e quantitativos de mudanças, principalmente através do processamento digital e cálculo de tendências, e a previsão leva em conta os aspectos quantitativos, o processamento digital e cálculos matemáticos. O autor conclui que essas aplicações teriam a obrigação de caminhar do estágio do simples mapeamento qualitativo em direção à criação de inventários, empreender o monitoramento contínuo dos processos de transformação da natureza e investir nas tarefas de previsão e simulação. O trabalho de Haefner, deixa bem claro que a tecnologia do sensoriamento remoto aliada aos SIG's, proporciona uma obtenção rápida, suficientemente precisa e de baixo custo de elementos diversos como cobertura e manejo do solo, rede de drenagem, topografia, entre outros. A incorporação da tecnologia SIG torna a manipulação dessas informações rápida e eficiente. As vantagens apresentadas por essas tecnologias tornam-se óbvias quando se trata, por exemplo, de bacias hidrográficas extensas e/ou situadas em regiões de difícil acesso, o que é muito comum num país com as características do Brasil.

Os sistemas mais utilizados na atualidade para o sensoriamento remoto orbital são o LANDSAT e SPOT . A seguir, tem-se uma breve descrição de cada um deles.

O sistema LANDSAT é composto por uma série de satélites, sendo que os três primeiros, lançados entre 1972 e 1978, possuíam um sensor multiespectral, MSS (*Multispectral Scanner Subsystem*) com quatro bandas espectrais e um canal de televisão. Já nos demais satélites da série, lançados a partir de 1982, o canal de TV foi substituído por um novo sensor, o TM (*Thematic Mapper*), com sete bandas espectrais.

O sensor MSS possui quatro bandas espectrais, resolução espacial de 80 metros e resolução radiométrica de 128 níveis de cinza. Já o sensor TM possui sete bandas, resolução espacial de 30 metros (com exceção da banda 6), resolução radiométrica de 256 níveis de cinza e sistema de recobrimento da superfície da Terra a cada 16 dias.

O satélite francês, SPOT (*Systeme Pour l'Observation de la Terre*), é composto pelo sensor denominado HVR (*Haute Resolution Visible*) que permitem obter imagens em duas modalidades: pancromática e multiespectral (verde, vermelho e infravermelho próximo), com uma resolução espacial de 10 e 20 metros respectivamente. Possui uma resolução temporal variável, de 25 a 5 dias e apresenta a vantagem de possibilitar a estereoscopia.

Um aspecto importante quando se trabalha com sensoriamento remoto diz respeito à escolha do tipo de imagens a ser utilizada. As tabelas 2.1 e 2.2 mostram o potencial de uso das imagens LANDSAT/TM e SPOT. De acordo com o tipo de estudo que está sendo realizado, a resolução espacial da imagem deve ser levada em conta. Para estudos urbanos, por exemplo, devido às características peculiares das áreas urbanas, é recomendável privilegiar a resolução espacial. Assim, as imagens SPOT, com resolução espacial de 20 metros, seriam preferíveis para estes estudos, entretanto, as bandas 1 e 2 desse satélite estão altamente correlacionadas, isso significa que apenas duas bandas espectrais fornecem informações para a discriminação dos diversos alvos presentes na cena. Para as áreas urbanas, o número de bandas é insuficiente para se obterem resultados satisfatórios. Desse modo, as imagens LANDSAT, apesar de possuírem resolução espacial de 30 metros podem ser utilizadas nestes estudos, pois compensam pela melhor resolução espectral.

TABELA 2.1: POTENCIAL DE APLICAÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT/TM

Banda	Intervalo Espectral (μm)	Principais características e Aplicações
TM 1	0,45-0,52	Estudos batimétricos em regiões litorâneas de água limpa, até profundidades de 20 a 30 m; mapeamentos de superfície de água e análise de materiais em suspensão. Diferenciação de solo-vegetação. Sensibilidade à concentração de clorofila e carotenos.
TM 2	0,52-0,60	Mapeamento de vegetação sadia pela reflectância verde, cujo pico se situa em $0,55\mu\text{m}$.
TM 3	0,63-0,69	Banda de absorção da clorofila; significativa na diferenciação de espécies vegetais.
TM 4	0,76-0,90	Estudos de volume de biomassa e delimitação de corpos d'água.
TM 5	1,55-1,75	Estresse de vegetação por desequilíbrio de água na cobertura das folhas. Expectativa na identificação de mineralização superficial, sobretudo com os dados da divisão da banda 5 pela banda 1.
TM 6	10,4-12,5	Propriedades térmicas do solo, rocha, vegetação e água. Estudos de contraste térmico entre litologias de rochas silicáticas.
TM 7	2,08-2,35	É considerada uma banda geológica, selecionada para identificar minerais com íons hidroxila. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal. Neste intervalo estão presentes algumas importantes bandas de absorção de rochas carbonáticas.

Fonte: NASA (1982)

TABELA 2.2: POTENCIAL DE APLICAÇÃO DAS IMAGENS SPOT

Banda	Intervalo Espectral (μm)	Principais características e Aplicações
P	0,51-0,73	Esse modo espectral produz imagens com uma única banda que é restituída sempre em preto e branco. Ela privilegia a fineza geométrica da imagem e permite discriminar detalhes finos, do tamanho do <i>pixel</i> que é de 10x10 m. É o modo mais aconselhável para trabalhar em estereoscopia para topografia, pois assim, consegue-se maior precisão altimétrica.
XS1	0,50-0,59	Apresenta sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de qualidade e quantidade. Boa penetração em corpos d'água.
XS2	0,61-0,68	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação. Permite a análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
XS3	0,79-0,89	Os corpos d'água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos d'água. A vegetação verde, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Serve para a análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais, e para mapear áreas ocupadas com vegetação queimada. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas e a identificação de áreas agrícolas.

Fonte: INPE (1990)

As imagens de Sensoriamento Remoto podem ser obtidas sob a forma de papel fotográfico, para a extração manual das feições, ou em formato digital, permitindo diversas manipulações estatísticas e algébricas que possibilitam a extração de informações. Isso somente é possível devido ao formato desse tipo de imagem, que pode ser definida como uma matriz de pontos onde cada um é referenciado por um sistema de coordenadas X, Y, onde X representa a linha da imagem, Y a coluna, e ainda possui um atributo ou identificador Z que corresponde ao contador digital (ou nível de cinza), resultado de uma conversão de radiância espectral. Todas as coordenadas podem ser convertidas de sistema de imagem em coordenadas geodésicas (latitude/longitude) ou planas (UTM) e o atributo ou identificador Z pode ser convertido novamente em radiância espectral (Crósta, 1993).

Dentro do sensoriamento remoto, as operações sobre os dados merecem destaque. Segundo Teixeira *et al.* (1992), os operadores são um conjunto de programas que atuam sobre a base de dados para atender as necessidades dos usuários, no que diz respeito à análise da informação. Pode-se dividir as funções dos operadores em pré-processamento e processamento digital. As funções de pré-processamento consistem na correção de erros das

imagens multiespectrais, ou seja, aquelas adquiridas em diferentes porções do espectro eletromagnético. De acordo com Meijerink *et al.* (1994), a sequência normal no pré-processamento inicia com a correção radiométrica, a qual é limitada a ajustes para compensar irregularidades dos sistemas eletrônicos do sensor ou minimizar efeitos atmosféricos, para posteriormente efetuar a correção geométrica que consiste em reorganizar os *pixels* da imagem em relação a determinado sistema de projeção cartográfica.

Já as funções de processamento visam extrair ou criar informações de acordo com as necessidades do usuário. Podem ser agrupadas de acordo com o tipo de dado tratado. Entre essas funções destacam-se: análise geográfica e processamento de imagens.

Análise Geográfica: permite a combinação de informações temáticas e o conjunto básico de funções inclui:

- . localização de uma entidade e seus atributos;
- . atualização de dados;
- . cálculo de área, perímetro e distâncias;
- . posicionamento;
- . operações aritméticas entre planos;
- . cálculos estatísticos
- . cruzamento entre planos.

Processamento Digital: visa dar à imagem uma forma mais adequada para uma determinada finalidade. Dentre as funções primordiais destacam-se:

- . realce de contraste;
- . filtragens espaciais;
- . classificação;
- . composição colorida

A extração de informações referentes à expansão urbana a partir de imagens digitais, isto é, o mapeamento de tais áreas, pode ser feita via classificação dessa imagem. A classificação constitui um método onde são identificados diferentes alvos ou feições que apresentem padrões espectrais similares, isto é, associa cada *pixel* da imagem a um “rótulo”

descrevendo um objeto real. Os rótulos são chamados de classes espectrais ou classes. Um padrão espectral pode ser definido como qualquer ente com características bem definidas num espaço multiespectral, e é representado por um conjunto de medidas igual à dimensão do espaço espectral.

Existem duas abordagens na classificação de imagens de sensoriamento remoto. A primeira delas denomina-se classificação supervisionada e nela o usuário identifica alguns dos *pixels* pertencentes às classes desejadas e deixa ao *software* a tarefa de localizar todos os demais *pixels* pertencentes àquelas classes, baseado em alguma regra estatística pré-estabelecida (Crósta, 1993).

A segunda abordagem é denominada classificação não supervisionada e nela, o *software* decide quais as classes a serem separadas e quais os *pixels* pertencentes a cada uma (Crósta, 1993). É útil quando não se tem informações prévias sobre a área imageada.

Os métodos de classificação mais utilizados são os supervisionados, dentre estes métodos, o mais comumente utilizado é o método da classificação por Máxima Verossimilhança, sob a hipótese gaussiana, na qual cada classe é descrita por uma função densidade de probabilidade multivariada normal. O vetor que descreve cada *pixel* é então substituído na função densidade de probabilidade associada a cada classe. O *pixel* é então atribuído à classe correspondente ao maior valor assim gerado.

O processo de classificação consiste em atribuir cada *pixel* de uma imagem a um grupo de classes, conforme visto anteriormente. Na abordagem tradicional, cada *pixel* é classificado como pertencente a uma única classe ou não classificado. Este *pixel* é denominado “*pixel* puro”. Existem casos em que esta metodologia pode tornar-se pouco satisfatória. Em áreas urbanas, por exemplo, as diversas classes presentes na cena ocorrem intercaladas em áreas pequenas. Como resultado a maior parte dos *pixels* presentes na imagem são denominados “*pixels* mistura”, o que significa que mais de uma classe está presente no elemento de resolução da imagem-*pixel*.

Os *pixels* mistura acontecem quando o tamanho dos objetos (alvos) no terreno é menor do que o elemento de cada cena (*pixel*), ou quando os limites de objetos maiores estão dentro

do elemento da cena (figura 2.2). Um *pixel* desta natureza, apresenta uma resposta espectral distinta daquela das classes conhecidas.

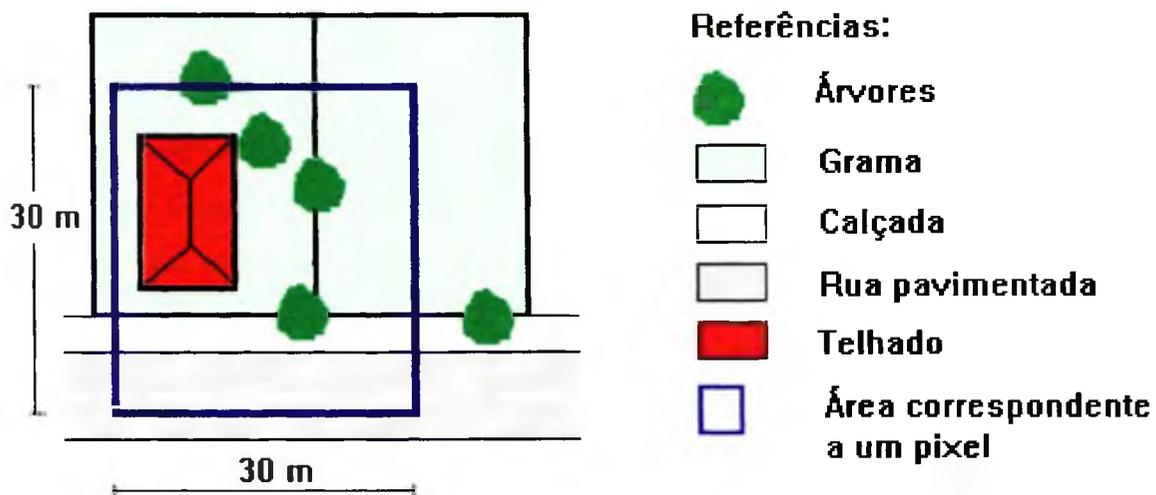


FIG 2.2: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PIXEL MISTURA

A presença dos *pixels* mistura é um fator limitante ao processo de classificação automática, uma vez que os métodos convencionais de classificação, como a Máxima Verossimilhança, baseiam-se nas características espectrais dos *pixels*, onde uma classe corresponde a um único tipo de cobertura do terreno. Portanto, a radiação resultante da combinação de mais de uma classe de cobertura do terreno não será representativa de nenhuma delas, acarretando uma classificação incorreta e, conseqüentemente, uma estimativa imprecisa da área ocupada por cada classe do terreno.

O problema de estimar essas frações nos *pixels* que compõem a imagem é conhecido como “problema da mistura”. Várias soluções têm sido propostas, como por exemplo o modelo de Wang (1990). Segundo este autor, uma imagem pode ser considerada como uma matriz de números *Fuzzy*, cuja “função pertinência” expressa o grau de associação de cada número *Fuzzy* (*pixel*), em particular, às classes de informação existentes. Essa função pertinência assume valores no intervalo [0,1]: quando a função assume o valor zero significa que o *pixel* não pertence à classe, e se for igual a um o *pixel* pertence totalmente à classe, ou seja, trata-se de um *pixel* “puro”. Valores da função pertinência entre zero e um, indicam que x é um *pixel* mistura, isto é, mais de uma classe está presente nele.

No método Máxima Verossimilhança, os limites entre as classes são bem definidos, já na abordagem *Fuzzy*, não existem limites precisos entre as classes permitindo, assim, a possibilidade de que um *pixel* pertença a mais de uma classe.

Esta é a limitação encontrada na classificação. Ela representa uma simplificação bastante grande em relação à enorme complexidade existente em uma cena de satélite. De acordo com Crosta (1993), o que ocorre é que as classes definidas são normalmente incompletas em relação à realidade ou são uma mistura variável de uma série de superfícies reais. Assim, necessita-se verificar o resultado das classificações em relação a dados conhecidos.

A utilização de imagens com alta resolução espacial favorece a identificação de mais de uma classe dentro de um *pixel*, o que atribui certas limitações às técnicas de classificação convencionais (um *pixel*, uma classe). Assim, Fung & Chan (1994), desenvolveram o conceito de “composição espacial de classes espectrais (SCSC)”. Este conceito propõe a utilização de dados espaciais para a análise de imagens que apresentem uma grande heterogeneidade espectral. Esta heterogeneidade é especialmente pronunciada em áreas urbanas onde as várias coberturas do solo tendem a ocorrer adjacentes umas às outras ou aparecem como uma composição. Para este estudo foi utilizada uma imagem da cidade de Hong Kong, satélite HVR/SPOT, ano de 1987. Para a geração das classes espectrais, primeiramente foi utilizado o método máxima Verossimilhança, que devido à complexidade da cobertura do solo na área de estudo, não foi capaz de identificar as classes heterogêneas. Já a aplicação do conceito SCSC, produziu informações úteis no estudo de cobertura do solo heterogêneas. Sua principal vantagem reside no fato de que diferentes tipos de cobertura do solo possuem diferentes SCSC. Assim, é possível identificar os tipos de cobertura do solo que possuem propriedades espectrais similares. A desvantagem que o método apresenta é o fato de que se trata de um processo de generalização, o que o torna impreciso. Embora possa identificar coberturas heterogêneas, o SCSC ainda varia significativamente dentro de uma cobertura de solo, fazendo com que seja preciso trabalhar com faixas de SCSC. Uma melhor classificação poderia ser obtida se o método baseado na matemática *Fuzzy* fosse aplicado, por exemplo.

A proposta do trabalho de Fung & Chan (1994), merece destaque por tentar minimizar o problema da classificação de áreas urbanas em imagens de satélite. No entanto, há ainda

muito a ser aprimorado no método proposto, até que possa vir a ser utilizado com a mesma segurança e exatidão da classificação *Fuzzy*.

2.3.2. Sistemas de Informação Geográfica

Os sistemas de informação fazem parte de um campo de pesquisa relativamente novo, cujos primeiros desenvolvimentos apareceram nos anos 50, dedicados especialmente à coleta, armazenamento e análise de dados, servindo de apoio à tomada de decisões. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) constitui-se num caso específico dos sistemas de informação, só que neste caso, destinado a aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados geográficos. Nas décadas posteriores ocorreram grandes avanços em equipamentos e *software*, permitindo o desenvolvimento de sistemas mais sofisticados e novas aplicações.

Segundo Teixeira *et al.* (1992), antes de se entender o que significa um Sistema de Informação Geográfica é necessário definir alguns conceitos básicos. Como “sistema” considera-se um arranjo de entidades relacionadas ou conectadas, de tal forma que constituem uma unidade ou um todo organizado, com características próprias e subordinadas a processos de transformação conhecidos. A “informação” constitui um conjunto de dados que possuem significado para determinada aplicação. Como “informação geográfica” considera-se o conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial. Esses dados podem ser apresentados em forma gráfica (pontos, linhas e polígonos); numérica (caracteres numéricos) e alfanumérica (combinação de letras e números).

Desse modo, ainda segundo Teixeira *et al.* (1992), um Sistema de Informação Geográfica utiliza uma base de dados computadorizada que contém informações espaciais e não-espaciais, sobre a qual atuam uma série de operações algébricas, booleanas e geométricas. Baseia-se numa tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não-espaciais e temporais e na geração de informações correlatas. Os Sistemas de Informação Geográfica apresentam como característica fundamental o poder de armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional. Um mapa é uma representação gráfica dos fenômenos geo-relacionados, geralmente em uma superfície plana. Num ambiente computacional, a noção de mapa deve ser estendida para incluir diferentes tipos de dados geográficos como imagens de satélite e modelos numéricos do terreno (MNT).

Em resumo, as principais características dos Sistemas de Informação Geográfica são:

-Integrar numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos do terreno;

-Combinar várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; e

-Consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Uma característica geral de um SIG é a sua capacidade de armazenar a topologia de um mapa, isto é, a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade e pertinência) e constitui, também, uma das características básicas que fazem um SIG se distinguir de um sistema CAD (*Computer Aided Design*).

Ainda segundo Teixeira *et al.* (1992), a diferença entre um SIG e um CAD consiste basicamente no fato de que o último é principalmente uma ferramenta de desenho digital e não necessariamente de processamento de informação espacial. Um CAD possui geralmente funções que permitem a representação precisa de linhas e formas, podendo ser utilizado, por exemplo, na digitalização de mapas e cartas. Entretanto, apresenta restrições no que diz respeito à atribuição de outras informações às entidades espaciais por ele criadas. Apesar disso os CAD's podem ser empregados em conjunto com os SIG's, quando se deseja utilizar o desenho produzido em um CAD como a base onde são lançados os atributos dos elementos temáticos estudados no SIG. A outra diferença fundamental é a capacidade de tratar as diversas projeções cartográficas. As informações tratadas em SIG's incluem: imagens de satélite, modelos numéricos do terreno (MNT's), mapas temáticos, redes e dados tabulares.

Dentre as diversas técnicas de análise espacial baseadas em SIG's, merecem destaque os "Modelos Numéricos do Terreno" (MNT). Um MNT pode ser conceituado como uma estrutura em formato digital constituída de um arranjo de valores de elevação onde o espaço é representado na forma discreta, por um conjunto de células formando uma grade que pode ser

quadrangular (formato raster) e triangular (formato TIN). De acordo com Meijerink *et al.* (1994), um MNT descreve a elevação de qualquer ponto, em uma dada área, em formato digital, e deve conter informações sobre a mesma, como por exemplo, a drenagem, os divisores de água, etc.

Os dados gerados a partir de um MNT podem ser integrados aos Sistemas de Informação Geográfica como novos planos de informação. Os planos de informação constituem informações fundamentais que caracterizam a área de estudo, contém dados que serão processados através do Sistema de Informação Geográfica para posterior utilização, possibilitando as opções de análise abordadas anteriormente, beneficiando áreas de estudo como o planejamento urbano.

2.4. Aplicações de Geoprocessamento em Estudos Ambientais/Urbanos

Dentro das aplicações do geoprocessamento pode ser incluída a pesquisa ambiental, hoje fortemente associada aos desenvolvimentos tecnológicos do sensoriamento remoto e do processamento automático de informações.

Os métodos convencionais de aquisição de dados ambientais sempre dependeram de amostragens e tratamentos estatísticos inferenciais. Os problemas ambientais exigem coleta de registros de eventos que ocorrem sobre vastas áreas. Este fato, de acordo com Xavier da Silva (1992), forçava o recurso a inspeções de situações previamente definidas como críticas e representativas do quadro ambiental a ser analisado. As soluções metodológicas dominantes, com as quais se procurava adquirir conhecimentos sólidos sobre a realidade ambiental, esbarravam na necessidade de tratamento de eventos registrados em diferentes escalas. As deformações aí geradas se tornavam inevitáveis, produzindo-se, assim, modelos “elegantes”, porém não correspondentes à realidade ambiental.

O desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento propiciam uma visão sinótica dos problemas ambientais, tornando possíveis investigações sistemáticas de todas as unidades territoriais onde pressupõem-se que estejam registrados eventos ambientais de interesse.

Xavier da Silva *et al.* (1991), demonstraram, para a Amazônia, como é possível criar uma base de dados que contenha não apenas dados geográficos, mas também, um banco de dados convencional, carregado com dados ambientais alfanuméricos gerados pelo projeto RADAMBRASIL. O autor compara duas vertentes utilizadas no equacionamento do problema de armazenamento e recuperação de dados ambientais: os censos e os mapeamentos; discute os Sistemas de Informação Geográfica e o armazenamento dessas informações nos dois tipos de banco de dados.

No banco de dados geográfico (BDG), os dados possuem sua localização no espaço explicitada. No banco de dados convencional (BDC), podem ser armazenados dados que não possuem direta expressão territorial. É importante que estes dados estejam referidos ao BDG para que a recuperação de informações do BDC, a partir da base geocodificada, se torne possível, assim como as seleções feitas no BDC possam ser mapeadas. Após esta discussão, o autor propõe uma estrutura de armazenamento, seleção e recuperação de dados convencionais, utilizando o *software* DBASE III, associável ao Sistema de Análise Geoambiental - SAGA/UFRJ, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Geoprocessamento do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFRJ. Os dados básicos do Projeto RADAMBRASIL mapeados e tornados disponíveis, na escala de 1:250.000, foram introduzidos no SAGA/UFRJ através de escanção (*scanning*) e utilizados na criação de uma base geocodificada, a qual constitui um BDG. As informações sobre solos, geologia, relevo e a fitofisionomia foram armazenados no BDC, e foram relacionadas com mapas pedológicos, geológicos, geomorfológicos e de vegetação constituintes do BDG. A integração dos dois bancos de dados permite consultas recíprocas, oriundas tanto da localização geográfica quanto das entidades taxonômicas usadas. Esta tecnologia integradora BDG-BDC mostrou-se extremamente útil e poderosa, o que permite ao pesquisador dispor de maior capacidade de análise e integração de dados disponíveis em um SIG, com a vantagem de trabalhar com *hardware* e *software* de baixo custo.

Welch *et al.* (1995), utilizaram uma combinação de imagens de satélite, fotografias aéreas, e Sistema de Posicionamento Global (GPS) para desenvolver um banco de dados num SIG e elaborar um detalhado mapa de vegetação para os Parques Nacionais do Sul da Flórida. O desenvolvimento do banco de dados e dos mapas foi possível através da integração do GPS, técnicas de sensoriamento remoto, interpretação de fotos aéreas e verificações de campo. Um

mosaico de imagens digitais foi preparado com 8 imagens pancromáticas do satélite SPOT. Padrões de vegetação, feições hidrográficas e de transporte foram digitalizadas diretamente de fotografias aéreas, as quais se apresentaram em três escalas: 1:65.000, para representações menos detalhadas e 1:32.000 e 1:40.000 para as mais detalhadas. As fotos são provenientes dos anos de 1994 e 1995. O banco de dados e os mapas de vegetação elaborados na escala de 1:24.000 constituíram os dados atualizados que serviram de subsídios ao gerenciamento dos Parques no que diz respeito à avaliação das condições da vegetação, das ameaças causadas pela expansão urbana e da utilização intensiva do solo para a agricultura. Esta metodologia se torna importante na medida em que pode ser utilizada em outras áreas inacessíveis, para facilitar a geração de uma base de dados detalhada com o objetivo de auxiliar o planejamento dos recursos naturais da região.

Xavier da Silva e Carvalho Filho (1990), propuseram o uso do geoprocessamento como metodologia de pesquisa ambiental, sem necessariamente prender-se a um *software* específico. Os autores propõem procedimentos analíticos necessários à obtenção de conclusões úteis para servir de apoio a decisões quanto ao controle ambiental. Esses procedimentos são divididos em dois grandes grupos: o diagnóstico de situações existentes e o prognóstico que poderá prever problemas ambientais futuros. Os procedimentos do diagnóstico compreendem os levantamentos ambientais que, por sua vez, incluem os procedimentos de inventário, planimetrias, identificação de áreas de ocorrência e monitoramentos. As prospecções ambientais incluem as avaliações diretas e as avaliações complexas. Já os procedimentos do prognóstico compreendem as simulações, a criação de cenários ambientais, a criação de normas e unidades territoriais de manejo ambiental e a elaboração de planos diretores. De posse desses procedimentos, o agente decisor tem condições de inferir conclusões que serão de fundamental importância como apoio à decisões quanto ao controle ambiental. Observa-se que não foi demonstrada a aplicabilidade da metodologia proposta, tratando-se, assim, de um trabalho estritamente teórico. Entretanto, torna-se importante na medida em que aplica-se a qualquer tipo de sistema de informação geográfica e os procedimentos recomendados são de aplicação generalizada e independente de *softwares* específicos, respeitando a visão do usuário ambientalista, que muitas vezes não está habituado a problemas de computação convencional ou gráfica. Assim, as técnicas de geoprocessamento aplicadas à análise ambiental tornam-se instrumentos geradores de informações ambientais fundamentais ao apoio à decisão, e não

mais meramente ficarão restritos a aplicações setoriais, como por exemplo a produção de mapas temáticos.

Goes (1988), realiza um levantamento, com base numa abordagem sistêmica e no uso de modelos, inclusive digitais, dos subsistemas ambientais do Complexo da Baixada de Sepetiba (RJ), para fins de identificação e análise de áreas em desequilíbrio ambiental. Trata-se de uma aplicação de geomorfologia ambiental e de técnicas de geoprocessamento, na qual foi utilizado o Programa AVAL do pacote SAD (Sistema de Apoio à Decisão) do SAGA (Sistema de Análise Ambiental). Os ambientes naturais foram analisados a nível morfológico (forma e natureza do terreno) e encadeante (processos e eventos controladores), baseados na interpretação integrada de imagens de Radar, escala de 1:250.000 e TM/LANDSAT, escala de 1:100.000 (bandas 3 e 4), mapas topográficos e geológicos, como também em trabalhos de campo. Mapas digitais classificatórios foram gerados, executando-se avaliações ambientais setorializadas e conjugadas. Quatorze feições geomorfológicas foram identificadas com a elaboração de mapas digitais simples. Conjugados a outros mapas simples (solos, geologia, declividade, altitude e dados básicos), foram identificados os principais locais de desequilíbrio ambiental como função da possível expansão da urbanização, de áreas com potencial para a extração de areia, riscos de desmoronamentos/deslizamentos e enchentes. Assim, foi comprovado a sensibilidade das unidades geomorfológicas às ações agressivas do uso indiscriminado do solo, neste caso específico, o crescimento urbano desordenado. Este tipo de estudo ambiental, que se apoia no geoprocessamento automático dos dados ambientais, possui sua relevância na medida em que propicia a análise de situações reais, permitindo a atualização dos dados ambientais, já que estes se encontram em constantes transformações. Permite, também, conhecer a tendência de ocupação do processo de urbanização, quanto ao seu volume, densidade e qualidade, de modo a programar a expansão dos limites da área urbana e o planejamento da ocupação de novas áreas urbanizáveis.

Neste contexto, o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica constituem-se em instrumentos poderosos para muitos tipos de pesquisa e áreas de aplicação. Existe hoje, uma enorme quantidade de produtos cartográficos e informações temáticas, que são coletadas e/ou geradas por sensores remotos. Entretanto, esta enorme quantidade de dados torna-se difícil de ser armazenada e analisada por métodos tradicionais. Daí a necessidade da utilização dos Sistemas de Informação Geográfica.

O SIG pode integrar os dados obtidos e/ou gerados por sensoriamento remoto com outros tipos de dados (de laboratório, trabalho de campo, mapas, etc.). O sensoriamento remoto possibilita o fornecimento de dados em diferentes resoluções espaciais, dependendo do tipo de aplicação, e os SIG's podem unir essas informações a outros produtos. Assim, a utilização dessas duas tecnologias representa um valioso acréscimo de informações para muitos tipos de estudos e constituem-se em instrumentos poderosos para a aquisição de dados, obtenção de medidas, mapeamentos, monitoramentos e modelagem da superfície terrestre.

A utilização do sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica também tem sido empregada com êxito como instrumento de apoio ao planejamento territorial, sendo que o levantamento do uso do solo numa dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço territorial.

De acordo com Covre e Calixto (1995), o uso do solo pode ser entendido como a forma pela qual o espaço é ocupado pelo homem. O levantamento do uso do solo é de grande importância, uma vez que os efeitos do uso desordenado causam degradação no meio ambiente. Como consequência tem-se os processos de erosão acelerada dos solos, as inundações e o assoreamento de cursos d'água.

Assim, para a adoção de medidas de planejamento, torna-se fundamental o conhecimento atualizado da distribuição da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, área urbanizada, etc., bem como as alterações ocorridas ao longo do tempo. Neste contexto, as técnicas de sensoriamento remoto e os Sistemas de Informação Geográfica constituem-se em técnicas de grande utilidade, pois têm contribuído significativamente para melhor qualificar as informações, principalmente quanto ao dimensionamento e distribuição das áreas ocupadas por diferentes coberturas, sejam naturais ou estabelecidas pelo homem (Koffler, 1993).

Os estudos urbanos que utilizam as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, de acordo com Anjos (1991), *“tem nas fotografias aéreas e nas imagens de satélite ferramentas eficientes com potencialidades de utilização no conhecimento dos problemas da cidade, tornando-se, assim, componentes fundamentais no complexo sistema de informações urbanas”*. A disponibilidade dessas informações, segundo Gobbi (1989), deve apresentar-se de forma sistematizada em todo processo de planejamento, de forma a permitir o

conhecimento das condições geradoras da problemática que se pretende abordar e orientar a tomada de decisões.

As fotografias aéreas, quando utilizadas em estudos urbanos permitem ao técnico a compreensão do detalhe urbanístico e a visão geral do espaço urbano (Anjos, 1991). Utilizando-se de fotografias aéreas (escala de 1:10.000), Barros *et al.* (1982), apresentaram um modelo para a análise e projeção da estrutura espacial urbana da cidade de São José dos Campos/SP. No processo de análise da cidade, a técnica de interpretação visual de fotografias aéreas a baixa altitude, possibilitou a elaboração de critérios para o funcionamento da cidade em zonas que o autor denominou de “ocupação homogênea”. Mosaicos aerofotográficos referentes aos anos de 1972 e 1977 também foram utilizados para a verificação de tendências de crescimento da cidade e para a validação do modelo proposto. O modelo apresentou consistência entre as projeções obtidas e as expectativas de desenvolvimento da cidade, podendo, assim, ser utilizado para o planejamento de várias estruturas urbanas, não apresentando grandes limitações com relação ao tamanho das cidades a serem modeladas. No entanto, sua aplicabilidade deve ser analisada pela complexidade dos dados exigidos.

Turner (1990), também utilizou fotografias aéreas, no período de 1930 a 1980, para avaliar as mudanças ocorridas em nove regiões da Georgia, IEUA. As fotografias, apresentadas em três períodos, 1930, 1950 e 1980, escala de 1:20.000, 1:40.000 e 1:60.000 respectivamente, foram digitalizadas utilizando-se oito categorias de cobertura do solo: urbano, agricultura, intermediário, pastagem, coníferas, floresta densa, floresta rala e água. O trabalho concluiu que os padrões de mudança no uso da terra possuem importantes implicações ecológicas. As informações de ocorrências passadas, associadas aos efeitos nos processos ecológicos, podem ser úteis para futuras tomadas de decisão. A união do sensoriamento remoto e das técnicas de geoprocessamento, com a pesquisa ecológica, a qual integra padrões espaciais de cobertura do solo e processos ecológicos, podem promover bases para avaliar mudanças em grande escala, em áreas urbanas ou rurais, e desenvolver estratégias para o manejo do solo.

Lo & Shipman (1990), utilizaram o SIG para avaliar o impacto do desenvolvimento de um novo centro urbano sobre meio ambiente, integrando dados de uso do solo provenientes de fotografias aéreas de vários períodos, com dados topográficos e geológicos. Para a

identificação das mudanças no uso do solo nas fotos aéreas foi utilizado o *software* IDRISI (Eastman, 1992). A área de estudo compreendeu a parte oeste de Hong Kong e as fotos aéreas datavam de 1976 e 1987, na escala de 1:25.000 e 1:40.000, respectivamente. Para complementar os dados das fotos foram utilizados um mapa topográfico e um geológico na escala de 1:50.000, de onde foram extraídas informações sobre atributos do terreno, como por exemplo, declividade, elevação, aspecto e etc. A metodologia de trabalho envolveu cinco etapas: (1) extração de informações, na qual foi utilizada a interpretação visual das fotos aéreas; (2) captura de dados, ou seja, processo de digitalização na qual as informações dos mapas foram transformadas para o formato digital para o armazenamento no computador; (3) integração dos dados, onde foi utilizado o *software* IDRISI para a superposição dos planos de informação; (4) análise de dados, onde foram empregadas as técnicas de *overlay* e mascaramento binário, isto é, cada valor de *pixel* da imagem de 1976 foi subtraído do valor do *pixel* correspondente na imagem de 1987; o resultado é uma nova imagem constituída de valores positivos, negativos e zero, os valores de zero mostram que não houveram mudanças, já os valores positivos e negativos representam as mudanças ocorridas e (5) geração de mapas. O trabalho demonstrou que o uso do solo na área de estudo se caracterizava por uma mistura de atividades urbanas e rurais, embora houvesse uma crescente predominância nas atividades urbanas em áreas protegidas, como as baías e os estuários.

Hoje em dia, levando-se em consideração a disponibilidade de imagens de satélite atualizadas, a utilização desse material tem-se mostrado cada vez mais vantajosa com relação as técnicas tradicionais de levantamento de informações, como por exemplo, a utilização das fotografias aéreas.

Foster (1985), discute as vantagens e os problemas encontrados na utilização do sensoriamento remoto para os estudos urbanos. Dentre as vantagens, o autor destaca a utilização dessas técnicas para o monitoramento das mudanças no uso do solo a estimativa do crescimento da população. Entre os problemas apontados, incluem-se a heterogeneidade da cobertura do solo urbano (fazendo com que mais de uma classe esteja presente num *pixel*, embora não seja representativa de nenhum tipo de cobertura); efeitos atmosféricos refletidos na quantidade de poeira e poluição contidas na atmosfera e o registro de diferentes cenas, ou seja, a análise de mudanças temporais requerem uma exatidão de registro no mínimo equivalente à dos elementos que estão sendo monitorados. Muitas vezes a resolução é muito

maior do que as mudanças a serem observadas. O autor destaca que as soluções para esses problemas poderão ser encontradas a partir da utilização do sensor TM/LANDSAT, que possui maior resolução espacial e espectral, se comparado com o sensor MSS, e afirma que a utilização desses sensores seria de grande benefício para os estudos urbanos, particularmente em áreas densas, fato este que já está comprovado através dos estudos realizados durante os últimos 10 anos.

Comparando a utilização desses dois sensores, MSS e TM, Fung (1990), analisa os tipos e a extensão das mudanças ocorridas na cobertura do solo na cidade de Waterloo, Canadá. Várias imagens foram geradas identificando as áreas onde ocorreram mudanças ou não, e nesta etapa, a utilização de imagens geradas pelo sensor TM se mostrou com maior capacidade de detectar mudanças específicas, o que não seria possível com o sensor MSS devido à sua baixa resolução espacial.

Azevedo (1994), apresenta alguns métodos e técnicas de auxílio à instrumentação do planejamento territorial urbano fazendo uso da tecnologia espacial e das técnicas de geoprocessamento. É apresentado um banco de dados que possa subsidiar as ações do planejamento territorial. Neste banco de dados o autor sugere a utilização de um sistema integrado de coleta de dados, sem especificar uma técnica única. Este sistema é constituído de técnicas diversas de captação de dados via plataformas orbitais e aéreas, complementadas por pesquisas de campo e bibliográficas. O autor apresenta três diferentes técnicas automáticas de processamento de dados que, no entanto, são capazes de atender às exigências da metodologia proposta. Essas técnicas englobam: (1) o sistema celular, onde o mapa que registra os dados do território é superposto por uma rede de células, cuja malha apresenta dimensão adequada à captura dos dados; (2) os SIG's convencionais e (3) o sistema gráfico, onde a entrada dos dados básicos se faz pela captura de mapas, fotografias, gráficos e etc., através de câmara de vídeo conectada a um digitalizador que transforma a imagem analógica de televisão em imagem digital raster. São expostos, também, os programas informáticos desenvolvidos e que têm como finalidade processar os dados do sistema tanto para subsidiar o planejamento territorial como ações de monitoramento. É interessante notar que o autor sugere vários métodos e técnicas para a implantação de um sistema informático: o sistema celular, os SIG's convencionais e o sistema gráfico, para instruir o planejamento territorial urbano sem se preocupar com nenhuma em especial, isto torna-se válido na medida em que devem ser

testadas diferentes alternativas de técnicas para instrumentar o método, uma vez que a decisão sobre a melhor técnica a ser utilizada deve ser tomada em função dos objetivos a alcançar.

Já Camargo (1995), avaliou a aptidão física de uma bacia hidrográfica ao assentamento urbano, através do mapeamento de dados de uso e ocupação do solo, geologia, geomorfologia, pedologia, hipsometria e isoietas; sistematizando-os num SIG, de onde obteve-se, através do cruzamento de informações, diagnósticos, projeções de cenários ante hipóteses de ocupação do solo e o estabelecimento de modelos de correlação entre o uso do solo e a qualidade da água ofertada pelo manancial estudado. Foram utilizadas as cartas das EMPLASA (Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo) e do IBGE, na escala de 1:50.000; e uma imagem LANDSAT/TM (data não citada) para a aplicação da metodologia.

Observa-se que a metodologia propõe um sistema de informações geográficas que deva incorporar a idéia dos processos de transformação do meio ambiente como um todo e não como uma visão compartimentada do mesmo, isto é, avaliar a natureza por partes. Já que o sistema natural é constituído de um conjunto de unidades de componentes bióticos, abióticos e antrópicos que se interrelacionam entre si, sendo incorporados a conjuntos maiores, não podem ser desagregados, pois mantêm uma conexão, com troca de energia e/ou matéria.

Niero *et al.* (1982), propuseram uma metodologia de monitoramento da expansão urbana na área metropolitana de São Paulo utilizando técnicas de sensoriamento remoto. A área de estudo compreendeu a região entre as represas Billings e Guarapiranga, pelo fato de existir nesta área um grande dinamismo quanto à expansão urbana, além da área estar sob o controle governamental. Foram analisadas, através de interpretação visual e automática, as imagens LANDSAT/MSS, bandas 5 e 7, referentes aos anos de 1977, 1978 e 1979 e imagem SPOT/HVR do ano de 1979. Durante o desenvolvimento do trabalho foram executadas as seguintes etapas: interpretação visual das imagens LANDSAT/MSS produzindo “*overlays*” nas diferentes datas, trabalho de campo com o objetivo de definir o limite urbano nas áreas que apresentavam problemas de separabilidade com outros tipos de uso; análise automática das imagens, onde foi utilizado o método de classificação por Máxima Verossimilhança e coletadas áreas de treinamento para as seguintes classes: área urbana edificada, loteamento, vegetação

rala, vegetação densa e corpos d'água. A classificação automática teve como finalidade a produção de imagens para posterior cálculo da área urbana.

A última etapa do trabalho de Niero *et al.* (1982), consistiu na análise comparativa da expansão urbana nos diferentes períodos estudados, onde foram identificados, a partir da superposição dos “*overlays*” obtidos na interpretação visual, as áreas que exigem um controle mais rigoroso por parte dos órgãos governamentais. Os autores observaram que a área urbana teve um crescimento relativamente constante, apresentando um pequeno decréscimo no último período analisado, entretanto, sérios problemas surgiram decorrentes dessa ocupação, como por exemplo: o fato da região localizar-se na área de proteção aos mananciais, a qual deveria apresentar um crescimento controlado e não desordenado. A metodologia proposta com o objetivo de substituir as técnicas convencionais de fiscalização do uso do solo, que apresentam um alto custo devido à necessidade de um controle permanente das mudanças de ocupação do solo, pode auxiliar no controle sistemático dessa ocupação, a um baixo custo, uma vez que as imagens LANDSAT recobrem grandes áreas de forma repetitiva. Ao comparar as vantagens da interpretação visual de imagens e de fotografias aéreas, observa-se que seria mais vantajoso utilizar as fotos devido à sua melhor resolução, entretanto, o baixo custo do trabalho com as imagens deve ser levado em consideração, a não ser que o estudo a ser desenvolvido demande um alto grau de detalhamento.

Também Cardieri *et al.* (1988), utilizaram dados LANDSAT/TM no monitoramento da expansão urbana de São Paulo e como produto final foi elaborado um mapa na escala de 1:100.000, contendo as áreas urbanizadas, nas datas de 1974, 1977, 1980, 1985 e 1987, acompanhado de uma análise quantitativa do crescimento urbano nestes períodos. A execução do trabalho teve como ponto de partida os recobrimentos aerofotogramétricos nas escalas de 1:16.000, 1:40.000 e 1:35.000 de 1974, 1977 e 1980, respectivamente. Sua continuidade se deu através da interpretação visual de imagens de maio de 1984, junho de 1985 e março e junho de 1987. Para a análise visual foram utilizados os canais 3 e 7 do sensor TM. A banda 3 foi utilizado por ser o que fornece maiores informações a respeito da mancha urbana e, a banda 7, porque também possibilita a identificação e o registro dos pontos de controle para transposição das informações para a carta base. A interpretação automática complementou a interpretação visual de forma a auxiliar a identificação dos fenômenos, através de registros de imagens. Esta técnica consiste na superposição de cenas de diferentes datas que, combinadas

ao uso de filtros adequados possibilita a localização das áreas de crescimento urbano. Uma limitação observada neste estudo diz respeito à série temporal adotada para o monitoramento do crescimento urbano. Por adotar intervalos pequenos, uma análise mais ampla das transformações do espaço não pode ser realizada, constituindo, assim, um estudo de caráter global da expansão urbana.

Dentre os estudos realizados para o Distrito Federal, merece destaque o estudo de uso da terra realizado por Carvalho e Aoki (1978). Foram utilizadas imagens LANDSAT/MSS na escala de 1:250.000, e apresentaram como resultado três mapas temáticos dos anos de 1973, 1975 e 1978. Este trabalho tem uma boa contribuição para a evolução do uso do solo no Distrito Federal, entretanto, apresenta dois problemas básicos. Primeiro, com relação a escala, que por ser muito pequena, reduz o detalhamento e compromete interpretações na organização dos tipos de uso do solo. Segundo, a série temporal de monitoramento, também pequena, não permite uma análise mais ampla das transformações espaciais.

Orellana (1985), aborda o impacto da expansão urbana no Distrito Federal, analisando a evolução do uso do solo e suas implicações no meio ambiente. A área estudada compreendeu a Bacia do Paranoá. Analisou-se a evolução do impacto das atividades urbanas sobre o meio ambiente através de fotointerpretação, e realizou-se uma análise temporal a partir da comparação de fotografias aéreas de média escala (1:40.000 e 1:60.000) de períodos diferentes (1956, 1978 e 1982). Assim, foram elaborados três mapas: um geomorfológico, à base de pares estereoscópicos e dois mosaicos ambientais à base da montagem simples das fotos aéreas. A análise dos períodos subsequentes forneceu uma visão evolutiva do processo devastador do crescimento urbano na área. Um diagnóstico ambiental da situação existente e suas tendências constituíram os resultados da análise temporal. Foram feitas propostas para minimizar o impacto causado pelo mau uso do solo e sugestões para um zoneamento da área com otimização de usos. A importância desta pesquisa reside no fato de que se constituiu num trabalho prático, na qual se faz uma aplicação de técnicas de sensoriamento remoto para fazer um levantamento das condições ambientais da área estudada, a fim de medir a magnitude da agressão da expansão urbana no meio. Entretanto, observa-se uma limitação no uso dessas técnicas, restringindo-se apenas à análise de fotografias aéreas, e não imagens de satélite, além disso, poderia ter sido feita uma aplicação de técnicas mais modernas como a utilização de *softwares* de Geoprocessamento.

Mais recentemente Anjos (1991), utilizou as técnicas de sensoriamento remoto para diagnosticar a dinâmica do crescimento urbano do Distrito Federal e seu entorno. Como produto cartográfico principal, foi elaborada a Carta Digital do Monitoramento da Expansão Urbana, escala de 1:200.000, enfocando a dinâmica da ocupação urbana no DF em três momentos: 1964, 1977 e 1990; a caracterização das formas de crescimento urbano e a identificação dos vetores de expansão na área de estudo. Na interpretação visual, foram utilizadas, para o período de 1964, fotos aéreas na escala de 1:60.000, para o período de 1977, fotos na escala de 1:40.000, fotoíndice na escala de 1:60.000 e mosaico aerofotogramétrico na escala de 1:40.000; para o último período foram analisadas, através de interpretação visual, imagens TM/LANDSAT composição colorida do tipo falsacor, escala de 1:100.000, anos de 1988 e 1989. A identificação das áreas em que ocorreram alterações foi realizada, num primeiro momento, a partir da superposição dos mapas de cada período. Posteriormente, utilizou-se o SGI/SITIM para o cálculo das áreas em expansão e mudança da escala de trabalho para 1:200.000. Este estudo se torna importante na medida em que permite a identificação de grandes modificações no crescimento urbano do Distrito Federal. Entretanto, mais uma vez, esbarra-se no problema da escala, que por apresentar a área reduzida 200 mil vezes, não permite avaliar outras alterações na estrutura interna das áreas urbanas.

O monitoramento da expansão urbana realizado por meio das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, mesmo quando utilizados produtos com várias escalas, se mostra muito eficaz neste tipo de estudo pelas várias razões citadas anteriormente, além de produzir documentos que servirão de subsídios ao planejamento urbano e possibilitar o gerenciamento ágil das informações geradas.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, a montante da barragem que forma o Lago do mesmo nome, sendo que em parte dela foi estabelecida a Área de Proteção Ambiental - APA do Descoberto, pelo Decreto nº 88.940, de 07/11/83. Localiza-se entre os paralelos de 15° 35' 07" e 15° 48' 22" de latitude Sul e entre os meridianos de 48° 02' 13" e 48° 16' 33" de longitude Oeste. (Figura 3.1)

O rio Descoberto faz divisa entre o Distrito Federal e o Estado de Goiás, onde 80% da área de sua bacia hidrográfica, a montante da barragem do Lago Descoberto, encontra-se no Distrito Federal. A Bacia do Lago possui uma área de aproximadamente 444 Km², dos quais cerca de 17 km² constituem a superfície do reservatório.

A Bacia tem como limites, a leste, a bacia hidrográfica do Lago da Barragem de Santa Maria, onde está localizado o Parque Nacional de Brasília; a oeste a bacia do Rio Verde, onde estão os municípios de Santo Antônio do Descoberto e Padre Bernardo, ao norte a bacia hidrográfica do Rio Maranhão e ao sul a sub-bacia do Rio Melchior, afluente do próprio Rio Descoberto.

Na parcela da área de estudo sob jurisdição do Distrito Federal localiza-se o núcleo urbano de Brazlândia e o Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão -PICAG- importante núcleo agrícola implantado pelo INCRA a partir de 1964, sendo hoje responsável por cerca de 50% do abastecimento de hortifrutigranjeiros do Distrito Federal.

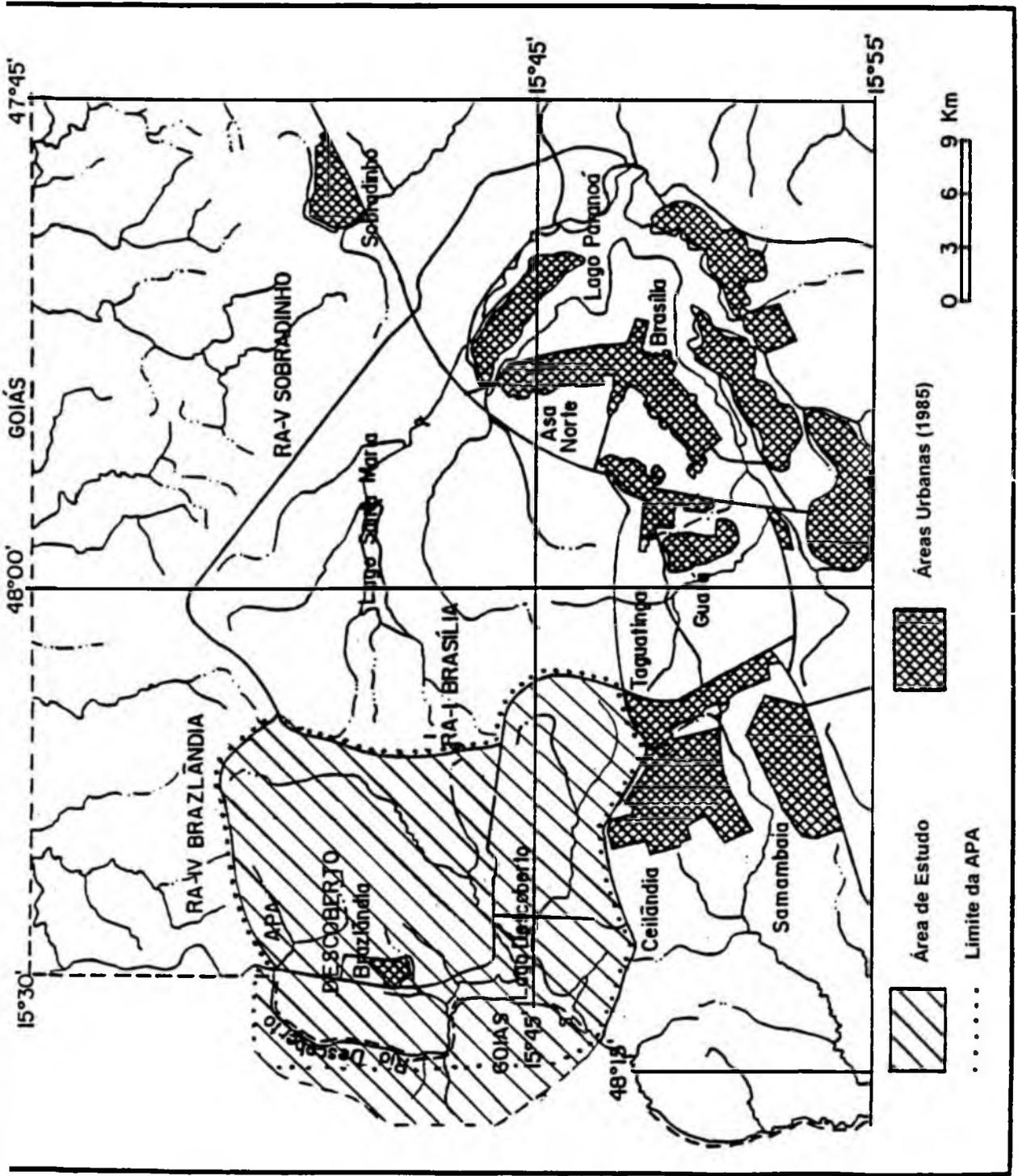


FIG 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo apresenta alto grau de acessibilidade, sendo servida por um sistema viário principal formado por rodovias federais e estaduais asfaltadas que nela penetram ou a contornam, conectando-a ao Plano Piloto e ao Estado de Goiás.

3.1. CLIMA

De acordo com o Atlas do Distrito Federal, CODEPLAN(1984), o clima do DF, na classificação de Köppen, é tropical, onde as chuvas se concentram no verão. O período chuvoso corresponde aos meses de novembro a janeiro e o período seco corresponde aos meses de junho a agosto no inverno.

A classificação climática para o DF foi feita a partir da variação da temperatura, já que as variações locais de precipitação não são relevantes, e já que não existe variação significativa decorrente da latitude, a variação da temperatura está relacionada apenas às variações altimétricas locais.

Para o DF, observam-se os seguintes tipos climáticos, de acordo com a classificação de Köppen:

Tropical (Aw): temperatura para o mês mais frio, superior a 18 °C. Situa-se aproximadamente, nas áreas com cotas altimétricas abaixo de 1000m.

Tropical de Altitude (Cwa): temperatura para o mês mais frio, inferior a 18 °C, com média superior a 22 °C no mês mais quente. Abrange aproximadamente, áreas com cotas altimétricas entre de 1000 e 1200 m. Este é o clima predominante na área de estudo.

Tropical de Altitude (Cwb): temperatura para o mês mais frio, inferior a 18 °C, com média superior a 22 °C no mês mais quente. Corresponde às áreas com cotas altimétricas superiores a 1200 m.

3.2. SOLOS

Ocorrem várias classes de solo na área estudada, sendo o Latossolo Vermelho-Escuro e o Latossolo Vermelho-Amarelo os predominantes, ocupando mais de 50 % da área.

Os Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo possuem características físico-químicas e morfológicas semelhantes, diferenciando-se apenas através da cor do horizonte B. Segundo Haridasan (1993), os Latossolos desenvolvem-se em superfícies de relevo plano ou suave ondulado, com declividades inferiores a 10%; são profundos e bem drenados, fortemente ácidos, com baixos teores de bases (Ca, Mg e K) e fósforo disponível para as plantas; possuem altos teores de argila e alumínio.

O Latossolo Vermelho-Escuro constitui um solo muito mineral, profundo, com sua textura variando de média a argilosa, ricos em sesquióxidos, bastante porosos, muito permeáveis, sendo portanto, bem acentuadamente drenados os de textura argilosa e, de acentuadamente a fortemente drenados, os de textura média. Apresentam baixos teores de silte, ausência de minerais primários pouco resistentes, caracterizando-se a baixa fertilidade do mesmo (distrófico), e reduzida susceptibilidade à erosão. (EMBRAPA, 1978)

Os Latossolos Vermelho-Amarelos também são solos de perfis profundos e de baixa fertilidade natural. Também são pouco susceptíveis a processos erosivos. Sua formação esta associada a um severo processo de intemperismo das rochas-matrizes, apresentam boa drenagem e baixo acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais.

Podem ser encontradas manchas extensas de cambissolos, que em comparação com os Latossolos, são pouco desenvolvidos, principalmente por causa do relevo mais acidentado das superfícies nas quais eles se desenvolvem (Haridasan, 1993). São solos que apresentam-se rasos, sendo pouco desenvolvidos, moderados a bem drenados. Possuem textura média a argilosa, porém não há o acúmulo de argila em qualquer parte do perfil e, em alguns casos, o teor de silte é maior que o de argila no horizonte B. São muito susceptíveis à erosão. Sua formação está relacionada ao intemperismo de filitos, ardósias e metassiltitos.

Destacam-se ainda os solos hidromórficos. São pouco desenvolvidos apresentando horizontes superficiais (A) orgânico-minerais, no qual a matéria orgânica se apresenta parcial

ou totalmente decomposta, e horizonte C gleizado, o que representa o processo de redução. Pouco profundos, apresentam uma textura predominantemente argilosa, o que resulta em uma drenagem lenta. São relacionados às áreas de surgência de água, com o relevo plano a suave ondulado. Ocorrem em várzeas, onde se desenvolve a mata galeria.

Algumas manchas de areias quartzosas podem ser encontradas. São consideradas como solos tipicamente minerais, pouco desenvolvidos, porém profundos. Por apresentarem uma textura arenosa e excelente drenagem, devido ao fato de serem porosos, são muito susceptíveis à erosão.

3.3. GEOMORFOLOGIA

A área ocupa residuais de duas superfícies de aplainamento, que constituem três compartimentos geomorfológicos distintos: o superior (1.200m), e o intermediário (1200-1120m), já bastante erodidos, correspondem a residuais de uma superfície de aplainamento paleogênica, apoiada por quartzitos, e constitui os divisores das águas do rio Descoberto. O compartimento geomorfológico inferior (1120-1030m), relativo a residuais de uma superfície de aplainamento neogênica, encontra-se embutido na superfície paleogênica. (Novaes Pinto e Falcomer, 1985)

Segundo Novaes Pinto (1993), dentro da classificação das Unidades Geomorfológicas do Distrito Federal, a área de estudo compreende a região Dissecada de Vales do Alto Curso do Rio Descoberto e a região da Chapada de Contagem.

A Chapada de Contagem constitui a unidade geomorfológica mais elevada do Distrito Federal, apresentando cotas médias de 1200 m. Estende-se desde o Morro da Canastra, a norte da Cidade Satélite de Sobradinho, até a Cidade Satélite do Gama a sudoeste do Distrito Federal. Esta unidade constitui o divisor das águas que fluem para a bacia Amazônica por intermédios dos tributários da margem esquerda do rio Maranhão e daquelas que escoam para a bacia Platina por meio das drenagens dos rios Descoberto, Alagado, Paranoá e ribeirão Sobradinho.

A região Dissecada de Vales ocupa 35% do Distrito Federal e corresponde às depressões e litologias de resistências variadas, ocupadas pelas principais drenagens regionais. Apresentam de forma geral, relevo acidentado, encostas de perfil convexo-côncavo e perfil complexo que inclui o segmento retilíneo. A rede de drenagem está condicionada por fraturamento quase ortogonal e por zonas de contato entre litologias variadas.

Esta unidade possui cotas entre 1030 a 1120m, correspondendo a um pediplano embutido no residual da Chapada da Contagem. As nascentes do rio Descoberto estão situadas no bordo da Chapada da Contagem. Apresentam padrão radial de drenagem, vales amplos, campos de murundus e alguns anfiteatros. Vertentes retilíneas alternam-se com ombreiras e com pedimentos inclinados para os vales. Os morros residuais apresentam encostas de perfil convexo, com predominância de encostas suaves.

3.4. VEGETAÇÃO

O Distrito Federal como um todo, é caracterizado, no aspecto fitogeográfico, pelo domínio morfológico dos Cerrados. Esta se apresenta subdividida em gradações do estrato e da densidade vegetal (IEMA/SEMATEC, 1995): Cerradão, Cerrado Típico, Cerrado Ralo ou Campo Cerrado, Campo Sujo, Campo Limpo.

Na área de estudo pode-se distinguir as seguintes tipologias:

- Campo: agregando-se ao campo limpo e ao campo antrópico;
- Cerrado típico; e
- Mata ciliar.

Destaca-se que na área da bacia do Lago Descoberto não se encontra exemplar de cerradão.

O Campo limpo de cerrado e o campo antrópico caracterizam-se pela predominância do estrato herbáceo-graminoso, em que as gramíneas campestres típicas se mesclam com outras ervas. Os arbustos e subarbustos são baixos e se distribuem esparsamente. A ação do

homem sobre os cerrados propriamente ditos vem dilatando a área dos campos, criando o que se convencionou chamar de campo antrópico. Observa-se que esta tipologia corresponde a maior parcela da vegetação na bacia de drenagem do lago e encontra-se distribuída por toda a área da bacia.

Cerrado: também chamado de Cerrado Típico. Caracteriza-se por uma vegetação constituída por árvores mais espaçadas e de porte baixo; possui uma camada lenhosa com aparência característica: troncos e galhos de caule grosso e torcido (Eiten, 1993).

Além das gradações, pode também ser encontrada outra formação vegetal, que encontra-se associada ao bioma do Cerrado, porém com características diferenciadas, a mata ciliar ou floresta de galeria. São formações que ocorrem ao longo dos cursos d'água. Apresentam largura variável em função das condições edáficas e do relevo. Constituem florestas perenifólias, com formação arbórea alta, sempre verde.

3.5. RECURSOS HÍDRICOS

A bacia hidrográfica do Rio Descoberto faz parte da bacia do rio Paraná, a qual drena mais de 60% da área total do Distrito Federal sendo que a bacia do Lago Descoberto drena cerca de 15% da área total do Distrito Federal.

O Rio Descoberto nasce aos 1.300 m de altitude na região noroeste do Distrito Federal, desenvolvendo-se inicialmente nos contrafortes da Chapada da Veredinha no Planalto Central, e prossegue inicialmente na direção NW, após a confluência de seus formadores.

Após o cruzamento da estrada BR-080, o rio corre na direção SW, sendo que, a partir deste ponto, são incorporadas à bacia de drenagem do Rio Descoberto, pela margem direita, as áreas correspondentes ao Estado de Goiás, constituindo-se o próprio rio como divisa oeste do Distrito Federal.

Somam-se às áreas de drenagem dos principais tributários, as áreas circunvizinhas ao lago que drenam através de pequenos córregos, bem como a própria área do espelho d'água

Lago, totalizando, assim, uma área total de drenagem de cerca de 444 km².
(AESB/CNEC, 1985)

4. BASE DE DADOS GEOREFERENCIADA

A base de dados georeferenciada consiste em um conjunto de dados, sobre a qual, os usuários realizam operações que manipulam essas informações, através de uma linguagem de consulta, cujos comandos inserem, removem, atualizam e recuperam as informações. O emprego da base de dados é bastante vantajosa pois a estrutura de armazenamento de dados e a estratégia de acesso independem da aplicação a ser efetuada, ou seja, aplicações diferentes têm para o usuário a mesma forma de representação dos dados.

As informações disponíveis que compõem a base de dados são constituídas de dados espaciais. Estes são obtidos do monitoramento e coleta de uma determinada propriedade ou variável de forma distribuída no espaço. Isto é, a informação é composta de dois elementos: o valor ou atributo, e sua correspondente localização espacial.

Para o armazenamento e manipulação das informações espaciais foram utilizados os recursos do Sistema de Informação Geográfica e a estrutura de armazenamento do sistema utilizado foi do tipo raster devido à necessidade do efeito de superposição dos planos de informação e porque constitui-se o formato disponível do *software* que foi utilizado.

Os dados espaciais foram organizados, por temas, em planos de informação (PI's) que apresentam níveis idênticos de detalhamento, o que viabilizou o cruzamento e/ou combinação entre eles, de modo eficiente e preciso. Para tanto, adotou-se o formato raster (varredura) - utilizado pelo *software* IDRISI, com resolução espacial de 30 X 30 m.

Os planos de informação constituem diferentes tipos de informações fundamentais que caracterizam a área de estudo, isto é, contém dados que serão processados através do sistema de informação geográfica para a utilização pelo planejador. Os planos de informação aqui dimensionados dizem respeito aos temas: limites da bacia, uso do solo, topografia, declividade, pedologia, zoneamento projetado.

O material básico utilizado para a criação da base de dados foi:

- cartas topográficas do Sistema Cartográfico do DF (SICAD) que contém a área sob estudo na escala de 1:10.000 e 1:25.000.

Foram utilizadas as folhas do Sistema Cartográfico do DF - SICAD, instituído através do Decreto nº 4.008, de 28 de dezembro de 1977, como referência oficial obrigatória para todos os trabalhos de mapeamento. A existência de uma base cartográfica única e já no formato digital constitui-se, indiscutivelmente, numa vantagem diante de outras bases cartográficas. As folhas selecionadas para a delimitação da bacia são as seguintes (escala de 1:25.000):

- Folha Brazlândia SD-22-Z-D-VI-2-SO;
- Folha Parque Nacional de Brasília SD-22-Z-D-VI-2-SE
- Folha Taguatinga SD-22-Z-D-VI-4-NE
- Folha Ceilândia SD-22-Z-D-VI-4-NO
- Folha Córrego Samambaia SD-22-Z-D-VI-4-SO
- Folha Santo Antônio do Descoberto SD-22-Z-D-VI-3-SE
- Folha Rio Descoberto SE-22-X-B-III-1-NE
- Folha Cidade Eclética SD-22-Z-D-VI-3-NE
- Folha Rio Alagado SE-22-X-B-III-2-NO

Escala de 1:10.000:

- Folha 63; Folha 80 e Folha 97

Mapa de Reconhecimento de Solos do DF, EMBRAPA (1978), Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Escala 1:100.000.

Mapa de Tipos de Solo da Bacia do Descoberto, Falcomer (1994). Escala de 1:200.000.

Imagens provenientes do satélite LANDSAT 5, sensor TM, datadas de 25/08/1988, 10/10/1993 e 29/08/199 (bandas espectrais 3, 4 e 5), órbita 221, passagem 71 x.

Tanto as análises das imagens LANDSAT TM, como a elaboração dos PI's, foram realizadas no Laboratório de Geoprocessamento do Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos da FT/UnB. Nesta etapa do trabalho foi utilizado o *software IDRISI*

(Eastman, 1992). É importante ressaltar que foi utilizado este *software*, pois é o que se encontra disponível no laboratório. Entretanto, cabe salientar que a metodologia não necessariamente deve estar atrelada a um *software* específico, podendo ser desenvolvida por qualquer outro *software*.

A seguir são relacionados os diversos planos de informação que compõem a base de dados sendo descritos: seu conteúdo, a metodologia empregada para sua elaboração e sua importância para a pesquisa.

4.1. LIMITES DA BACIA

Conteúdo:

Representa a identificação dos limites físicos da bacia, isto é, os divisores de água. Pode ser visualizado através do Cartograma 4.1.

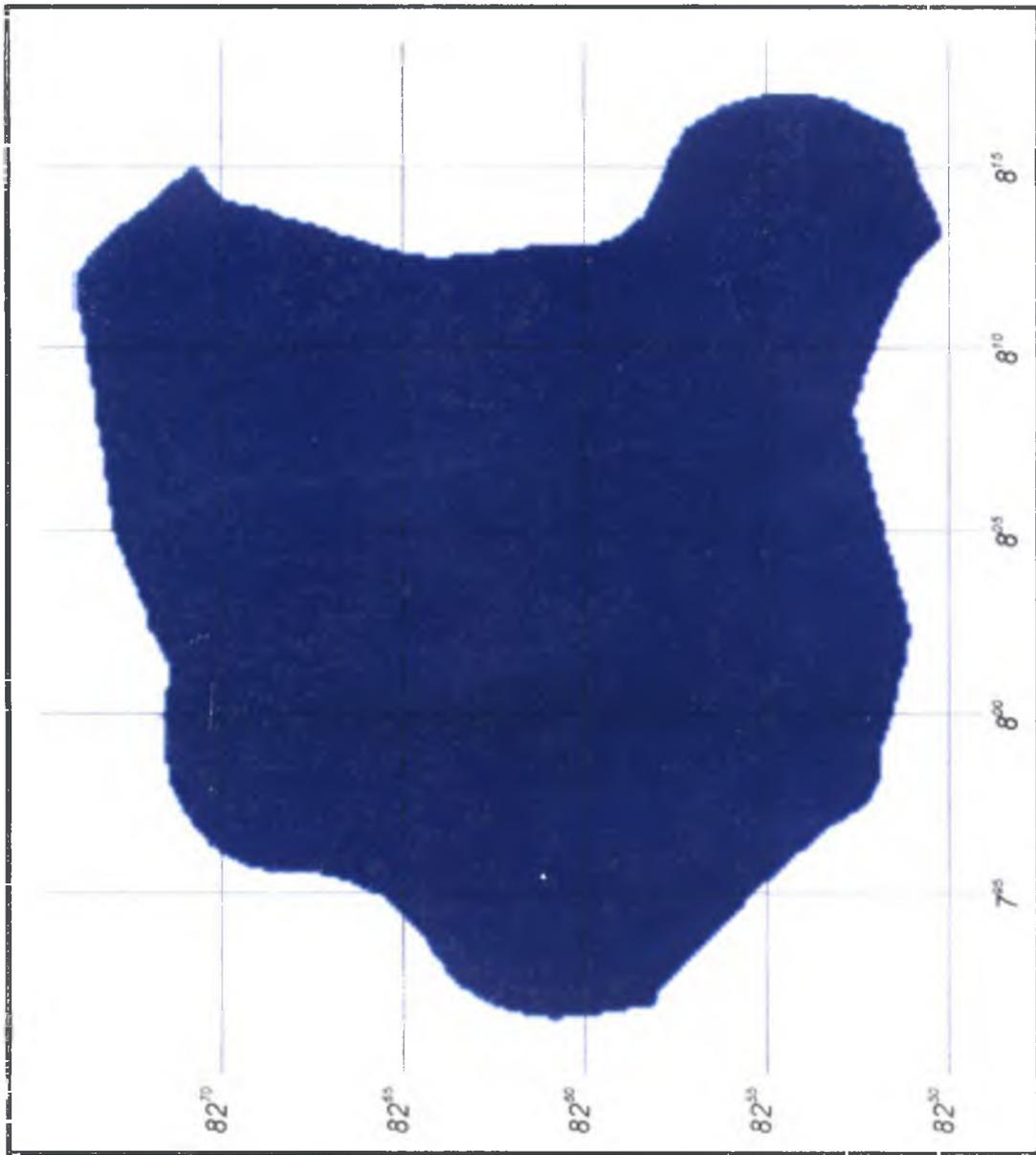
Metodologia:

A metodologia empregada para a elaboração deste PI foi a digitalização do contorno da bacia, delimitado no mapa topográfico (cartas do SICAD), gerando, assim, um arquivo vetorial que quando transformado para o formato raster, gera uma imagem denominada de “máscara”. Nessa imagem é atribuído valor 1 aos *pixels* pertencentes à Bacia, enquanto que para os *pixels* externos à Bacia foi atribuído o valor 0 (zero).

Importância:

Define o limite físico da área estudada. Neste caso, uma sub-bacia hidrográfica da Bacia do Rio Descoberto. Ressalta-se que não só a parte da sub-bacia pertencente ao Distrito Federal foi considerada, mas também, a parte pertencente ao Estado de Goiás, já que a bacia hidrográfica como um todo deve ser adotada como unidade básica de planejamento. A maioria dos documentos consultados levam em conta apenas limites administrativos, o que compromete grandemente os estudos sobre bacias hidrográficas. Por esse motivo, este PI, ao limitar a área de interesse, levou em conta, também, a parte da sub-bacia que se encontra no Estado de Goiás.

P.I. Limites da Bacia



Legenda

Bacia do Lago Descoberto



Escala: 1:200.000



CARTOGRAMA 4 1 : PI LIMITES DA BACIA

4.2 USO/OCUPAÇÃO DO SOLO

Conteúdo:

Este plano de informação reúne dados sobre a utilização dos espaço geográfico da Bacia nos diferentes períodos da série temporal adotada (1988, 1993 e 1995). Constitui-se de mapas temáticos, onde cada classe identifica um tipo de uso/ocupação do solo, seja ele natural ou decorrente de atividades antrópicas

Metodologia:

O PI Uso do Solo foi elaborado através do processamento digital das imagens LANDSAT, onde foi utilizado o método de classificação supervisionada, Máxima Verossimilhança através do módulo *MAXILIKE* do *software* IDRISI. Deve-se lembrar que este método atribui cada *pixel* a uma única classe, isto é, considera que os *pixels* são puros. Contudo, em áreas urbanas a presença de *pixels* mistura é significativa, mas como o objetivo foi apenas a identificação da “mancha” urbana e não fazer uma classificação intra-urbana, não foi necessário utilizar um método que permita uma classificação de sub-*pixel*. Pelo exposto acima, o desempenho do método da Máxima Verossimilhança foi aceitável para a finalidade deste trabalho.

O método da Máxima Verossimilhança consiste num *pixel* genérico será representado pelo vetor $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, sendo x_i o contador digital na banda i , e w_i ($i = 1, 2, \dots, m$) as classes ou tipos de cobertura presentes na cena. A idéia básica deste algoritmo é classificar a imagem *pixel* a *pixel* de modo de minimizar o erro, isto é, a perda esperada resultante da classificação do *pixel* x na classe w_j quando a verdadeira classe é w_k . esse critério é conhecido como o método de *Bayes* e pode ser formulado como segue:

$$\text{minimizar } L_x(w_i) = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \lambda(w_i / w_j) \cdot p(w_j / x) \quad (4.1)$$

onde: $L_x(w_i)$ é a perda esperada resultante de classificar x como pertencente à classe w_i ; $\lambda(w_i / w_j)$ é a função de perda e representa o custo de tomar decisão por uma classe w_i quando a verdadeira é w_j , para $i, j = 1, 2, \dots, m$; $p(w_j / x)$ é a probabilidade condicional de que

dado o *pixel* x , ocorra a classe w_j . Esta probabilidade é conhecida como probabilidade “*a posteriori*”. n é a dimensão do espaço espectral (número de bandas espectrais); e m é o número de classes.

A escolha mais freqüente para a função de perda $\lambda(w_i / w_j)$ é:

$$\lambda(w_i / w_j) = \begin{cases} 0 & \text{para } i = j \\ 1 & \text{para } i \neq j \end{cases} \quad (4.2)$$

isto é, o custo de uma classificação correta é zero, e unitário caso contrário.

A estratégia de Bayes na classificação é tomar aquela decisão que minimize a perda, dada pela equação 4.1. Mas, levando em consideração que minimizar um conjunto de funções $\{L_x(w_i), i = 1, 2, \dots, m\}$ é a mesma operação que maximizar o negativo do mesmo conjunto de funções, a função discriminante pode ser escrita como:

$$g_i(x) = -L_x(w_i) \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, m \quad (4.3)$$

e a estratégia de classificação é classificar x na classe w_i para a qual $g_i(x)$ seja máxima.

Pelo teorema de Bayes:

$$p(w_j / x) = \frac{p(x / w_j) \cdot p(w_j)}{p(x)} \quad (4.4)$$

onde: $p(w_j / x)$ é a probabilidade condicional de dado x , a classe w_j ocorrer; $p(x / w_j)$ é a função densidade de probabilidade associada à classe w_j ; $p(w_j)$ é a probabilidade “*a priori*” da classe w_j ; e $p(x)$ é a função densidade de probabilidade associada com x .

Substituindo as equações 4.2 e 4.4 em 4.3 tem-se:

$$g_i(x) = - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \frac{p(x / w_j) \cdot p(w_j)}{p(x)} \quad (4.5)$$

$$g_i(x) = -\frac{1}{p(x)} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m p(x/w_j) \cdot p(w_j) \quad (4.6)$$

O termo $\frac{1}{p(x)}$ modifica o valor absoluto da função discriminante $g_i(x)$ mas não o valor relativo que nos interessa, pois a distribuição $p(x)$ é independente da classe. Assim, para fins da classificação esse termo pode ser negligenciado, então:

$$g_i(x) = -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m p(x/w_j) \cdot p(w_j) \quad (4.7)$$

Da estatística elementar tem-se que:

$$p(x) = \sum_{j=1}^m p(x/w_j) \cdot p(w_j) \quad (4.8)$$

ou

$$p(x) = p(x/w_i) \cdot p(w_i) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m p(x/w_j) \cdot p(w_j) \quad (4.9)$$

As equações 4.8 e 4.9 são válidas sempre que as classes w_j formarem um conjunto exaustivo.

Substituindo a equação 4.9 na equação 4.7:

$$g_i(x) = -p(x) + p(x/w_i) \cdot p(w_i) \quad (4.10)$$

Como $p(x)$ é independente da classe, pode ser negligenciada, então a função discriminante no método da máxima verossimilhança é:

$$g_i(x) = p(x/w_i) \cdot p(w_i) \quad (4.11)$$

Assume-se geralmente que para uma classe, o valor associado a cada *pixel* (contador digital) segue uma distribuição normal, isto é, a função densidade de probabilidades $p(x/w_i)$

tem a forma da distribuição Gaussiana multivariada. Sendo assim, a função discriminante pode-se reescrever como:

$$g_i(x) = \frac{p(w_i)}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_i|^{0,5}} \exp[-0,5(x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i)] \quad (4.12)$$

onde: $g_i(x)$ é a função discriminante; $p(w_i)$ é a probabilidade a priori da classe w_i ; $|\Sigma_i|$ é o determinante da matriz de variância e covariância; Σ_i^{-1} é a inversa da matriz de variância e covariância; μ_i é o vetor de médias da classe w_i .

Tomando-se qualquer função monotonicamente não decrescente da função discriminante $g_i(x)$, a partição resultante não é alterada. Então, utilizando a função logaritmo neperiano e desprezando os termos constantes, a função discriminante será:

$$g_i(x) = \ln[p(w_i)] - 0,5 \ln |\Sigma_i| - 0,5(x - \mu_i)^T \cdot \Sigma_i^{-1} \cdot (x - \mu_i) \quad (4.13)$$

A razão dessa transformação é que computacionalmente fica mais rápida de ser avaliada a função discriminante.

Na generalidade dos casos a probabilidade a priori para cada classe ($p(w_i), i = 1, 2, \dots, m$) é desconhecida, portanto assume-se igual probabilidade para todas as classes. Consequentemente, a função discriminante resume-se a:

$$g_i(x) = p(x / w_i) \quad (4.14)$$

Intrinsecamente, essa estratégia é equivalente a considerar a seguinte função de perda:

$$\lambda(w_i / w_j) = \begin{cases} 0 & \text{para } i = j \\ \frac{1}{p(w_j)} & \text{para } i \neq j \end{cases} \quad (4.15)$$

Primeiramente, a partir da interpretação visual das imagens digitais, foram identificadas as classes de uso/ocupação do solo preponderantes na cena. Assim, os tipos ou classes de

uso/ocupação do solo considerados foram: uso urbano, reflorestamento, reservatórios, mata ciliar, cerrado, campo limpo, agricultura e solo exposto.

Caracterização dos tipos de uso do solo:

Uso Urbano: nesta classe estão inseridos tanto os espaços urbanos consolidados quanto os não consolidados. Os espaços urbanos consolidados constituem aqueles onde a ocupação apresenta todos ou quase todos os equipamentos urbanos básicos, sendo representados pela cidade-satélite de Brazlândia e pelo Núcleo Rural INCRA 8 (foto 4.1). Os espaços urbanos não-consolidados são representados pelos assentamentos em formação (foto 4.2), onde ainda há presença de vegetação, e pode-se observar uma infra-estrutura deficiente, como por exemplo, ruas não asfaltadas.

Como pode-se perceber nas fotos 4.1 e 4.2, a classe “área urbana” é composta de uma mistura de diferentes materiais, tais como vegetação, solo exposto, áreas construídas e etc., fato este que em determinadas situações pode comprometer os resultados da classificação supervisionada.

Reflorestamento: esta classe (foto 4.3) representa as áreas replantadas, em que a cobertura natural de mata ciliar ou de cerrado foi substituída por espécies exóticas homogêneas, no caso do Descoberto, *eucalipitus* e *pinus*.

Reservatórios: esta classe (foto 4.4) está representada pelo reservatório do Descoberto e pelo espelho d’água de Brazlândia.

Cerrado: (foto 4.5) vegetação predominantemente arbórea e espaçada, caracterizada por árvores de pequeno porte, tortuosas e bem copadas.

Campo: classe (foto 4.6) representada pela vegetação herbácea, também chamada de campo antrópico, devido a alteração das suas condições originais pelo homem. Utilizados como pastagem natural.

Agricultura: (foto 4.7) representada pelas atividades agrícolas desenvolvidas na bacia (olericultura e fruticultura). As propriedades pertencentes à este grupo possuem um potencial

poluidor baixo, pois as lavouras praticadas utilizam adubos e defensivos em quantidades significativamente pequenas, bem como a irrigação em menor escala.

Solo Exposto: esta classe (foto 4.8) está representada basicamente por áreas onde houve desmatamento, retirada da cobertura vegetal para qualquer fim. A presença da cobertura vegetal toma importância devido à sua característica de proteção natural do solo, reduzindo o impacto da água da chuva nas partículas do solo e conseqüentemente diminuindo a possibilidade de desencadeamento dos processos erosivos.

Mata Ciliar: (foto 4.9) representada pela vegetação úmida, densa e fechada, predominantemente arbórea, que acompanha os cursos d'água. Outrora uma vegetação contínua, hoje é interrompida e recobre apenas aluviões em cotas baixas, onde restam apenas cordões dessa vegetação.



FOTO 4.1: ÁREA URBANA CONSOLIDADA



FOTO 4.2: ÁREA URBANA NÃO CONSOLIDADA



FOTO 4.3: ÁREA DE REFLORRESTAMENTO



FOTO 4 4 RESERVATÓRIO



FOTO 4.5: VEGETAÇÃO DE CERRADO



FOTO 4.6: VEGETAÇÃO DE CAMPO



FOTO 4.7: ÁREA DE AGRICULTURA



FOTO 4.8: SOLO EXPOSTO



FOTO 4.9: VEGETAÇÃO DE MATA CILIAR

É importante ressaltar que existem materiais diferentes que apresentam, infelizmente, comportamentos espectrais semelhantes, impossibilitando, desse modo, a sua discriminação durante o processo de classificação supervisionada via computador.

As classes definidas como “área urbana” e “campo”, apresentaram resposta espectral bastante similares. Através do gráfico abaixo (Figura 4.3), observa-se que, para as bandas espectrais originais utilizadas (3, 4, e 5), a diferença percentual dos valores médios do número digital (DN) das duas classes é muito pequena, demonstrando a semelhança no comportamento espectral das duas classes consideradas.

A solução encontrada para “separar” as classes, constituiu na reunião da informação espectral, representada pelos valores originais de número digital (DN) dos *pixels*, com informação de contexto, representada pela variância espacial dos números digitais. Esta informação de contexto foi produzida fazendo uma convolução entre a imagem original (bandas TM 3,4 e 5) e uma janela (móvel) de 3 X 3 *pixels*, isto é, a variância espacial de cada *pixel* foi calculada considerando a vizinhança nos 8 *pixels* mais próximos. Ao utilizar este tipo de convolução, cada *pixel* da imagem original foi substituído pelo valor que resultou da aplicação da seguinte expressão:

$$X_{\text{var}}(m, n) = \frac{1}{N_w} \sum_{i \in w} \sum_{j \in w} [x(m-i, n-j) - \bar{x}(m, n)]^2 \quad (4.16)$$

$$\bar{x}(m, n) = \frac{1}{N_w} \sum_{i \in w} \sum_{j \in w} x(m-i, n-j) \quad (4.17)$$

onde $X_{\text{var}}(m, n)$ e $X(m, n)$ correspondem à variância espacial e *pixel* original, respectivamente; “w” é uma janela móvel que define a vizinhança do *pixel* processado; “m e n” são as coordenadas (colunas e linhas) do pixel da imagem; “i e j” indicam a posição de cada elemento da janela móvel (ver figura 4.2); “Nw” é o número de *pixels* da janela w.

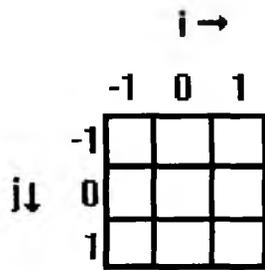


FIG. 4.2: JANELA MÓVEL DE 3X3 PIXELS

O resultando desse processo foram três bandas artificiais que foram adicionadas ao processo de classificação.

Observa-se, na figura 4.3, que com a adoção da informação de contexto (bandas artificiais) a diferença dos valores médios de número digital aumentou significativamente fazendo com que fosse possível discriminar as classes “área urbana” e “campo”, apesar do comportamento espectral similar.

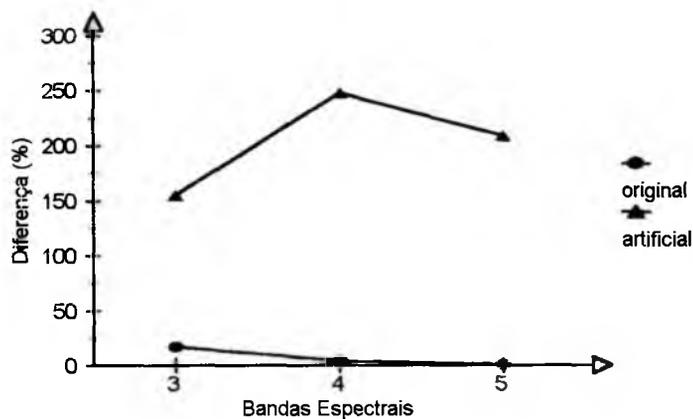


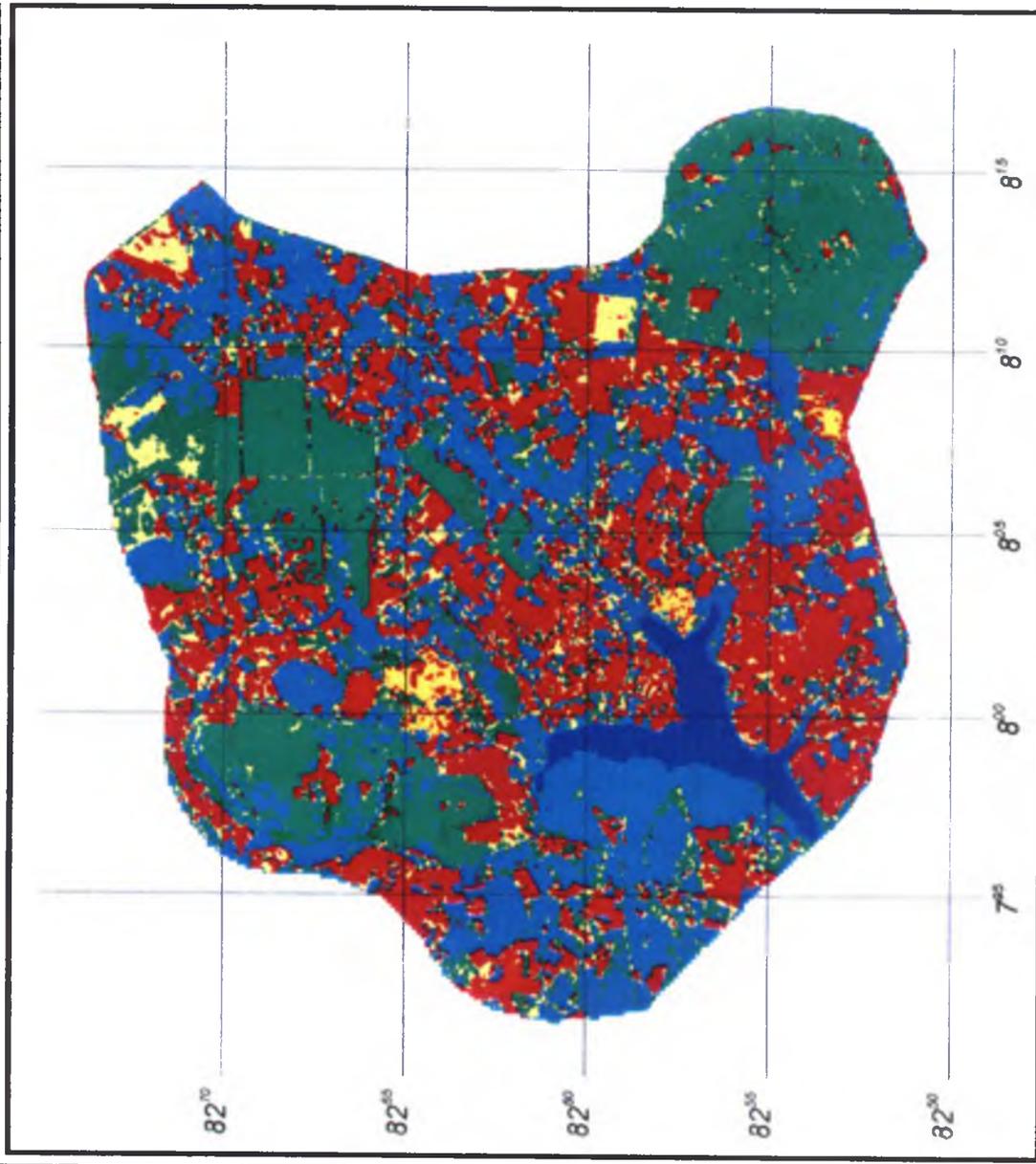
FIGURA 4.3: DIFERENÇAS DOS VALORES MÉDIOS DE NÚMERO DIGITAL PARA AS BANDAS ESPECTRAIS ORIGINAIS E ARTIFICIAIS (CLASSES URBANO E CAMPO).

O resultado final das classificações é mostrado nos cartogramas 4.2, 4.3 e 4.4.

Importância:

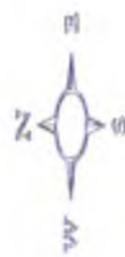
Este plano de informação retrata a ocupação do espaço geográfico em períodos determinados, e este levantamento é de grande importância, uma vez que os efeitos do uso indiscriminado e desordenado do solo podem levar à degradação do meio ambiente. Através do levantamento do uso do solo pode-se identificar e monitorar as atividades/usos preponderantes, inadequados e conflitivos de uma região, o que auxilia no planejamento físico-territorial urbano ou rural, na elaboração de projetos setoriais de uso do solo, na localização de atividades diversas e nos zoneamentos em geral.

P.I. Uso do Solo de 1988



Legenda

- Reservatório
- Área Urbana
- Solo Exposto
- Cerrado
- Campo
- Reflorestamento
- Agricultura
- Mata Ciliar

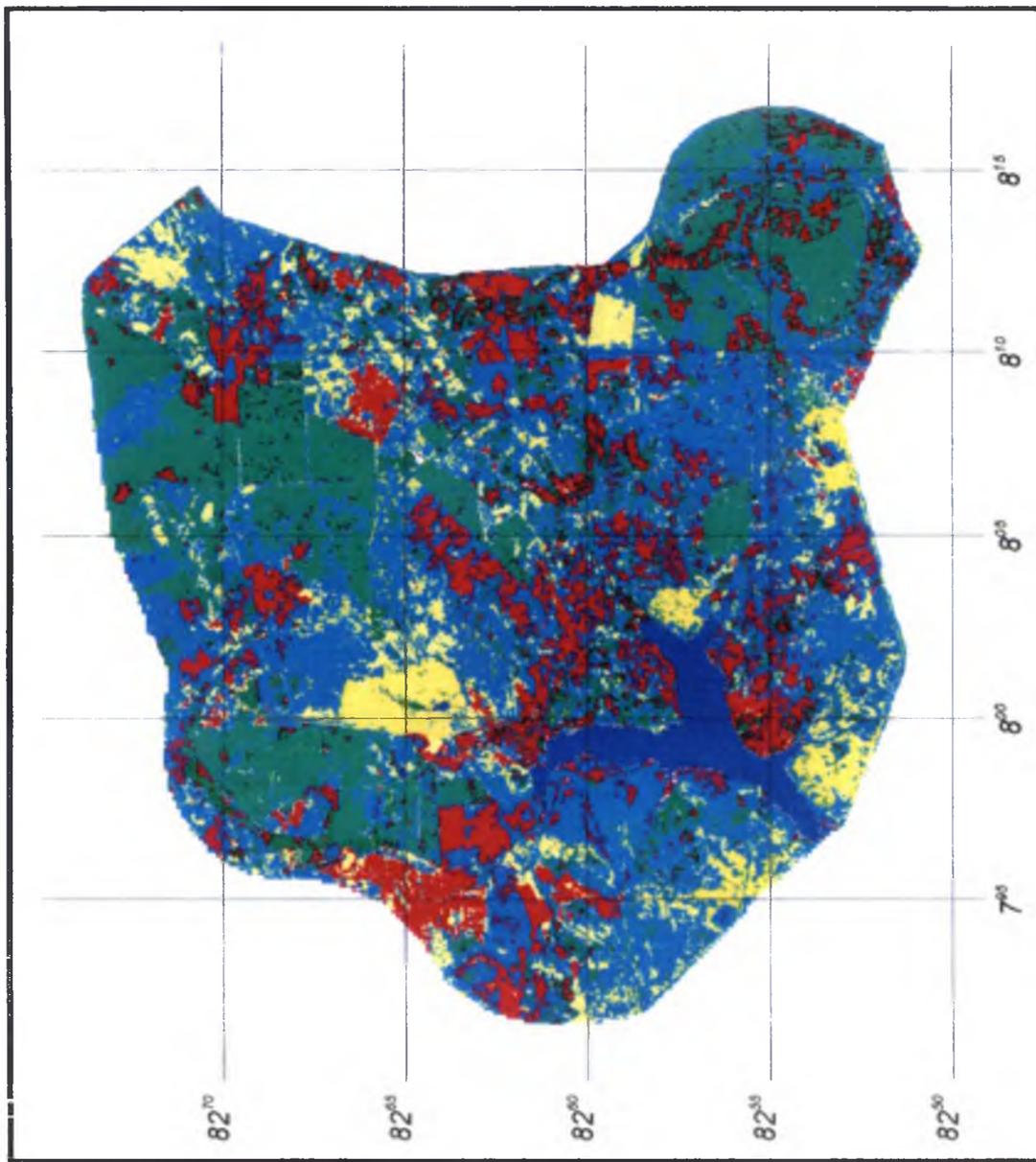


Escala: 1:200.000



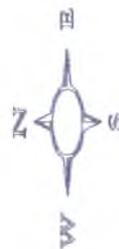
CARTOGRAMA 4.2 PI USO/OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1988

P.I. Uso do Solo de 1993



Legenda

- Reservatório
- Área Urbana
- Solo Exposto
- Cerrado
- Campo
- Reflorestamento
- Agricultura
- Mata Ciliar

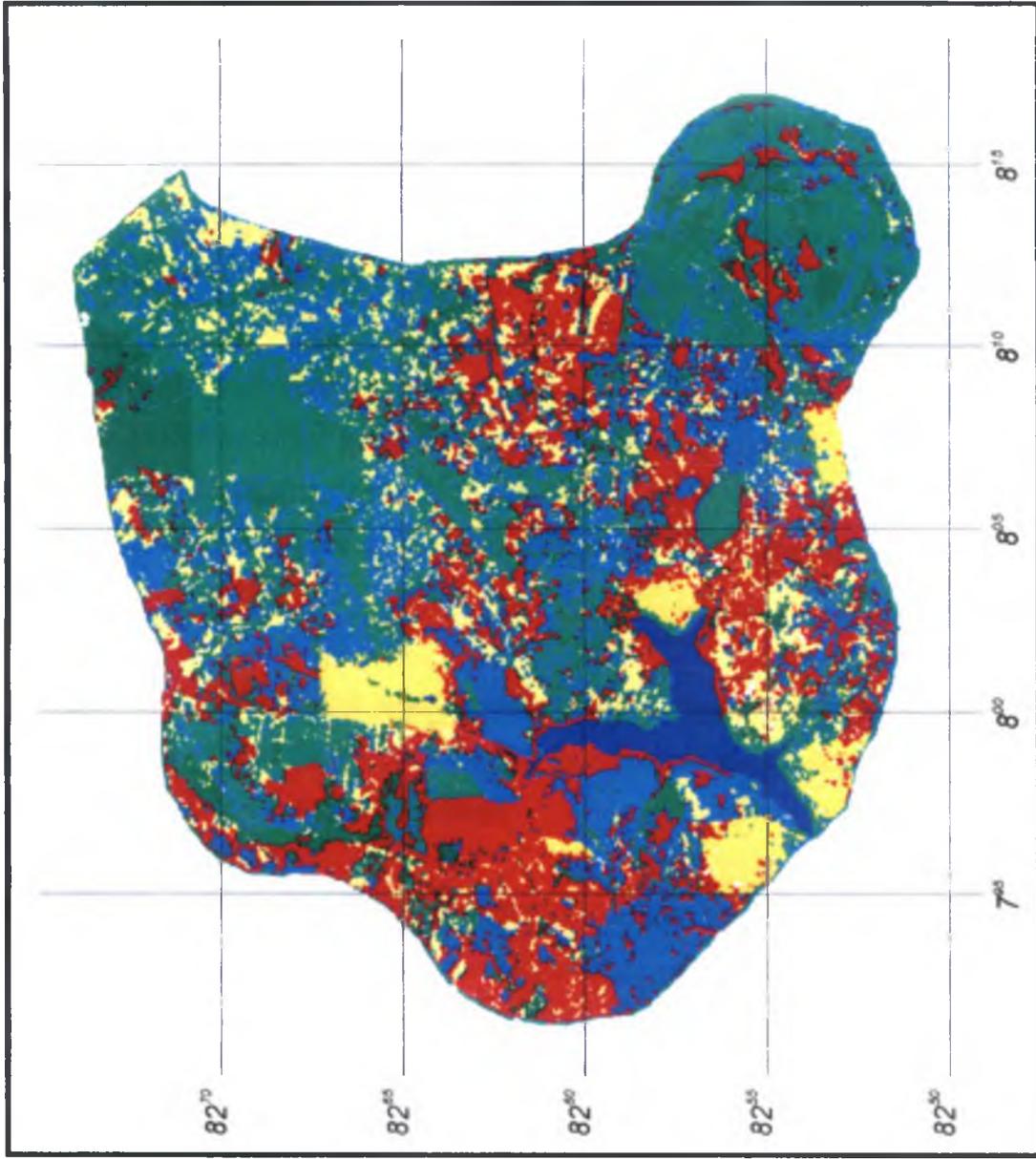


Escala: 1:200.000



CARTOGRAMA 4.3 PI Uso/OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1993

P.I. Uso do Solo de 1995



Legenda

- Reservatório
- Área Urbana
- Solo Exposto
- Cerrado
- Campo
- Reflorestamento
- Agricultura
- Mata Ciliar



Escala: 1:200.000



CARTOGRAMA 4.4 PI USO/OCUPAÇÃO DO SOLO DE 1995

4.3. TOPOGRÁFICO

Conteúdo:

Neste plano de informação está armazenado o modelo numérico do terreno (MNT) da área estudada, que pode ser visualizado na figura 4.15. O seu fatiamento de 100 em 100m pode ser visualizado no cartograma 4.5.

Definição e Formato de Representação

De acordo com Carter (1988), o termo “modelo numérico do terreno”, (MNT), tem sido genericamente utilizado para se referir à representação digital de superfícies topográficas. Entretanto, Burrough (1991), sustenta que o termo “modelo digital de elevação”, (MDE), seria mais adequado para se referir a modelos contendo apenas dados de elevação, pois a palavra “terreno”, implica em atributos da paisagem, como por exemplo: tipos de uso e ocupação do solo.

Desse modo, o MDE descreve, de forma digital, as elevações de qualquer ponto de uma determinada área e o MNT inclui a distribuição espacial dos atributos da superfície do terreno. Embora esta seja a descrição correta dos termos MDE e MNT, na prática, costuma-se utilizar “MNT” para referir-se tanto a um como a outro. Assim, neste trabalho será utilizado o termo MNT.

Uma variedade de estruturas têm sido utilizadas para a representação de MNT's. Entretanto, segundo Weibel e Heller (1991), hoje em dia, as estruturas mais utilizadas são: em rede de triângulos irregulares (TIN) e grades regulares.

Estrutura baseada em triângulos irregulares (TIN): a superfície é dividida em planos triangulares. Triângulos são formados a partir de nós (cujos valores representativos do atributo do terreno em determinado ponto, não são alterados por procedimentos como a interpolação), que passam a constituir os vértices destes triângulos. É uma estrutura de dados eficiente, onde o tamanho e a forma dos triângulos é variável em função da complexidade do terreno, permitindo a fixação de linhas representativas do relevo como lados dos triângulos.

Estrutura baseada em grades regulares: cada célula da grade é referenciada por um número de colunas e linhas e um número representando o atributo. A vantagem da estrutura em grades regulares reside na forma de armazenamento simplificada: usualmente o atributo z (elevação) é armazenado seqüencialmente nas direções x ou y, com um ponto inicial e espaçamentos definidos. Isto simplifica a geração de produtos derivados do MNT.

Embora cada unidade espacial possua a mesma forma e tamanho, e esse fato facilite análises espaciais e simulações, essa limitação na variação espacial da resolução faz com que essa estrutura defina pobremente os detalhes de uma superfície em áreas de relevo suave.

Metodologia:

Aquisição de Dados Pontuais

Os dados digitais referentes às curvas de nível foram obtidos das cartas do .SICAD/CODEPLAN em formato DXF. As curvas de nível representadas nestas cartas não possuíam o atributo Z (altitude), sendo assim, foi necessário a atribuição manual do valor de elevação de cada curva.

Após cotar as curvas de nível, os arquivos gerados em DXF, foram exportados para o ambiente IDRISI, e a partir deste gerar o MNT. O resultado obtido foram arquivos constituídos de pontos (xyz) irregularmente distribuídos no espaço.

Espacialização dos Dados Pontuais

A informação básica utilizada para gerar um MNT é constituída de um conjunto de dados pontuais (dados discretos/elevação). Por esse motivo, para que a superfície gerada se apresente o mais próxima possível da realidade, faz-se necessário lançar mão da espacialização.

A espacialização constitui a atribuição de valores a pontos desconhecidos a partir de pontos conhecidos, e é realizada através dos métodos de interpolação, uma vez que estimam pontos em regiões onde não existem dados. A interpolação, segundo Weibel e Heller (1991), é principalmente utilizada para as seguintes operações:

- . cálculo de elevações (z) em posições de pontos individuais;
- . cálculo de elevações (z) de uma grade regular a partir de pontos amostrais;
- . cálculo de posições de pontos (x, y) ao longo de curvas de nível; e
- . reamostragem.

O item seguinte apresenta uma breve descrição sobre os dois grandes grupos nos quais estão divididos os métodos de interpolação. Para informações mais detalhadas consultar Weibel e Heller (1968).

Métodos de Interpolação

A interpolação constitui um processo de determinação do valor desconhecido de um ponto que se localiza entre pontos de valores conhecidos.

A equação geral para a interpolação é definida por:

$$z_0 = \sum_{i=1}^n w_i z_i \quad (4.18)$$

onde:

z_0 = valor estimado do atributo para o ponto de coordenadas x_0, y_0 ;

w_i = peso correspondente à amostra no ponto i ;

z_i = valor observado do atributo no ponto i de coordenadas x_i, y_i ;

n = número de pontos amostrais considerados.

A interpolação baseia-se no princípio de que, para estimar valores desconhecidos, os valores conhecidos na vizinhança mais próxima são mais relevantes do que os da vizinhança mais afastada.

Os diferentes métodos de interpolação diferem apenas na avaliação dos pesos atribuídos (w_i) aos pontos amostrais na equação geral da interpolação e podem ser divididos em dois grandes grupos: determinísticos e estatísticos.

Os métodos determinísticos buscam ajustar um tipo de superfície a um conjunto de valores de z associados a coordenadas x e y . Os métodos determinísticos ignoram a aleatoriedade da variabilidade espacial do conjunto de valores de z e utilizam funções matemáticas para ajustar a superfície topográfica ao conjunto de valores de z .

Já os métodos estatísticos, consideram a existência de um componente aleatório na realização do processo. A técnica utilizada para se estimar o conjunto de valores de z , pode apoiar-se nas análises de probabilidade de ocorrência de eventos.

Dentro da abordagem estatística encontra-se um ramo especial representado pelos métodos geoestatísticos. Esses, representam métodos de estimativa estatística que envolvem quantidades que variam no espaço, isto é, próprios para especialização de variáveis que apresentam uma determinada estrutura de correlação espacial.

As propriedades de correlação espacial (grau de associação entre duas variáveis), do conjunto de dados, são analisadas em termos da variância determinada a partir de pares de pontos localizados a diversas distâncias entre si, o que é efetuado por modelos dedicados a esta finalidade denominados variogramas.

A seleção do método de interpolação depende principalmente do tipo de atributo, de sua variação espacial e de seu espaço amostral. A precisão da estimativa da variável de interesse também influencia na seleção do método, assim como a densidade espacial dos pontos.

O tipo de atributo de interesse neste trabalho, é a topografia. Segundo Davis (1986), a topografia é considerada como sendo uma variável regionalizada, ou seja, possui propriedades intermediárias entre uma variável aleatória verdadeira e uma completamente determinística.

As variáveis regionalizadas descrevem fenômenos naturais que possuem distribuição geográfica e continuidade de um ponto a outro, estando, portanto, correlacionadas sobre curtas distâncias, por isso, um método de interpolação geoestatístico foi escolhido para ser aplicado nos dados de topografia. Além disso, de acordo com Weibel e Heller (1991), o aspecto aleatório do relevo justifica a utilização dos métodos que consideram a natureza

estocástica das variáveis. O método geoestatístico utilizado é denominado *Kriging* e será descrito a seguir.

Kriging

Este método assume que a variação espacial da variável regionalizada pode ser modelada por uma superfície estocástica, e introduz a anisotropia através da concessão de pesos maiores para amostras correlacionadas em uma direção particular. O conceito de anisotropia diz que a correlação espacial depende da distância de separação e da direção do vetor de separação entre os pontos.

Baseia-se em três fatores que encontram-se incorporados ao modelo: a) variograma; b) tipo de tendência ou efeito direcional (*drift type*) e c) efeito “pepita” (*nugget effect*).

a) variograma:

Constitui o gráfico que representa a variância espacial (γ) dos dados *versus* uma distância específica (h).

É utilizado para determinar a vizinhança local das observações a serem utilizadas para a interpolação de cada ponto e quais os pesos que devem ser atribuídos durante os cálculos.

Constitui a ferramenta básica para se examinar a estrutura da correlação espacial entre os dados e verificar até onde a similaridade entre os pontos se modifica com a distância crescente.

A variância (γ) é utilizada para expressar a taxa de mudança de uma variável regionalizada ao longo de uma distância (h) específica.

$$\gamma_{(h)} = \sum_i^{n-h} \left(\frac{z_i - z_{i+h}}{2n} \right)^2 \quad (4.19)$$

onde:

z_i = valor da variável na posição i ;

z_{i+h} = valor da variável a uma distância h a partir de i ;

n = número de pontos, e

$n-h$ = número de comparações entre pares de pontos.

Na figura 4.4, que representa o variograma, à medida que a distância (h) cresce, os pontos tornam-se cada vez menos relacionados entre si, e suas diferenças tornam-se maiores, resultando em grandes valores de $\gamma(h)$. A uma certa distância, os pontos se encontram tão afastados que não mais se relacionam entre si. A variância não mais cresce e o variograma desenvolve uma região plana denominada *sill*. A distância na qual o modelo alcança o valor máximo é denominada *range*. O valor que intercepta o eixo das ordenadas é denominado *nugget*.

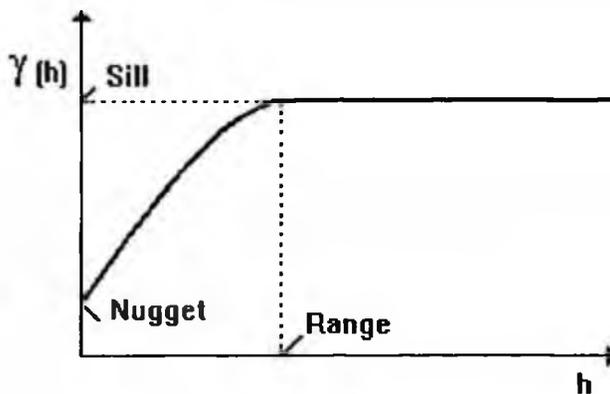


FIG 4.4: VARIOGRAMA PADRÃO

Existem diversos modelos teóricos de variograma, a saber;

1) modelos não-estacionários: a variância cresce monotonicamente com a distância.

O modelo linear, mais simples (Figura 4.5), não possui a região denominada *sill*. A curva cresce sem limites. É expresso por:

$$\gamma(h) = ch \quad (4.20)$$

onde: $\gamma(h)$ = variância espacial; c = escala, e h = distância.

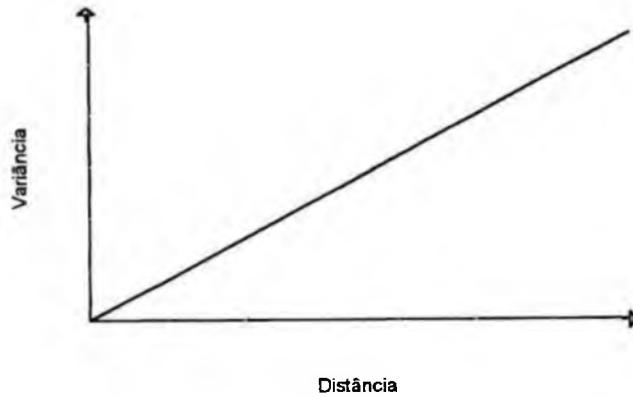


FIG 4.5: MODELO DE VARIOGRAMA NÃO ESTACIONÁRIO.

O parâmetro escala (C), é utilizado para definir a região de *sill* para o variograma selecionado. Com exceção do variograma linear (que não possui *sill*), o *sill* é igual ao *mugget effect* mais a escala do variograma. Quando não são introduzidos valores de *mugget*, o *sill* se torna igual à escala.

2) modelos estacionários: a variância cresce com o espaçamento da amostra até uma distância crítica *range*, a partir daí os valores se tornam constantes. Os valores da variância além do *range* pertencem à região do *sill*.

O ideal seria que o modelo escolhido para representar o variograma iniciasse na origem, se elevasse suavemente até um limite superior, então continuasse num nível constante. O modelo esférico (Figura 4.6) possui estas propriedades. É definido por:

$$\gamma_{(h)} = c(1,5h - 0,5h^3) \quad (4.21)$$

onde: $\gamma_{(h)}$ = variância; c = escala, e h = distância.

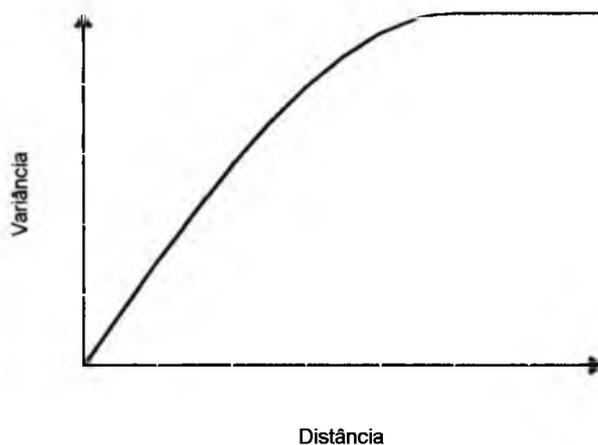


FIGURA 4.6: MODELO DE VARIOGRAMA ESFÉRICO

O modelo gaussiano (Figura 4.7) é expresso pela equação:

$$\gamma(h) = c(1 - e^{-h^2}) \quad (4.22)$$

onde: $\gamma(h)$ = variância; c = escala, e h = distância.



FIG 4.7: MODELO DE VARIOGRAMA GAUSSIANO.

Já o modelo exponencial (Figura 4.8) quase nunca alcança o valor limite do *sill*, mas aproxima-se assintoticamente. É definido por:

$$\gamma_{(h)} = c(1 - e^{-h}) \quad (4.23)$$

onde:

$\gamma_{(h)}$ = variância, c = escala, e h = distância.

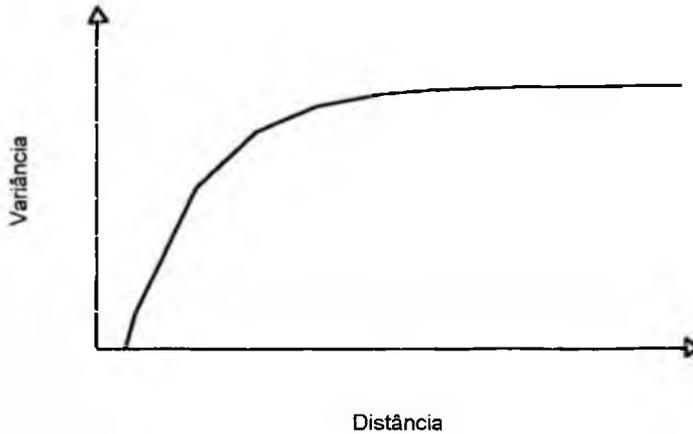


FIG 4.8: MODELO DE VARIOGRAMA EXPONENCIAL.

Todos os modelos estacionários indicam que, uma vez que o espaçamento da amostra exceda um certo valor, não há mais dependência espacial entre os valores.

Conhecendo-se a forma do variograma, é possível estimar o valor da elevação da superfície em qualquer posição onde não existam dados. O *kriging* utiliza a informação do variograma para encontrar um conjunto ótimo de pesos que serão utilizados para esta estimativa. Somente a partir da produção de um variograma experimental, é possível determinar qual modelo de variograma que melhor se adequa ao conjunto de dados.

b) Tipo de tendência ou efeito direcional (*Drift type*):

É utilizado quando os pontos observados estão dispersos dentro da área de interesse, interpolando a superfície sobre grandes vazios na distribuição dos dados, extrapolando os limites da área em questão. Se a interpolação utilizar este efeito, que pode ser linear ou quadrático, o método denomina-se *Kriging* Universal.

Se a interpolação não utilizar este efeito, o processo denomina-se *Kriging* ordinário.

c) Efeito “pepita” (*nugget effect*):

É utilizado para suavizar (*smoth*) os erros do método *Kriging*. É composto por duas variáveis: variância dos erros (diferenças de valores devido a interferências) e micro-variância (microvariabilidade na área de amostragem local).

Quando estas variáveis forem iguais a zero, o efeito “pepita” possui um efeito suavizador geral, no entanto, a grade gerada continuará fiel aos dados observados. Assim, o *Kriging* comporta-se como um interpolador exato. Se estas variáveis forem especificadas, o *Kriging* comporta-se como um interpolador suavizador.

O procedimento do *Kriging*, inicia-se com uma análise exploratória da natureza espacial dos dados e uma inspeção para a detecção de tendências. A análise exploratória é constituída de uma descrição das estatísticas univariadas, ilustradas num histograma, e da análise visual do variograma experimental. Após esta análise deve-se escolher o modelo de variograma a ser utilizado.

Resultados

Foram escolhidas duas áreas-teste, dentro da área de estudo, para a produção do variograma experimental. A área-teste “A”, representa uma superfície com relevo mais acidentado e a área-teste “B”, representa uma superfície com relevo mais suave.

De acordo com os histogramas de declividade das áreas-teste “A” (Figura 4.9) e “B” (Figura 4.10) pode-se observar a diferença do relevo através da análise da declividade. Observa-se que para a área-teste “A”, a declividade média está em torno de 7% e para a área-teste “B”, a declividade média gira em torno de 3%, demonstrando, assim que a área-teste “A” se apresenta mais acidentada que a área-teste “B”.

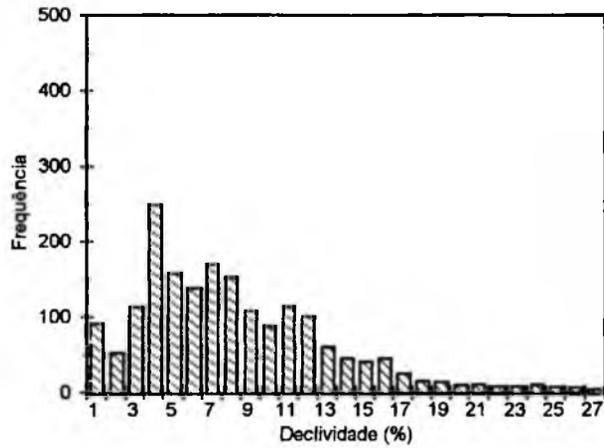


FIG 4.9: HISTOGRAMA DA ÁREA-TESTE "A"

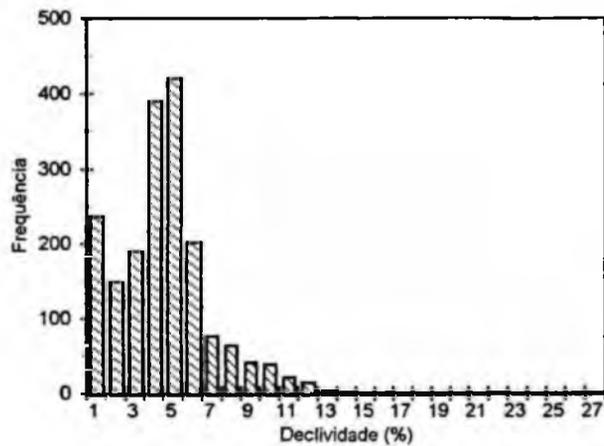


FIG 4.10: HISTOGRAMA DA ÁREA-TESTE "B"

A partir de amostras dos dados, calculou-se o variograma experimental para as duas áreas, segundo quatro direções principais: Norte/Sul (N-S), Leste/Oeste (L-O), Nordeste/Sudoeste (NE-SO), e Noroeste/Sudeste (NO-SE).

Analisando-se os gráficos abaixo, observa-se que, para a área-teste "A" (Figura 4.11), a estrutura de correlação espacial está associada à direção do vetor de separação analisada, como também à distância de separação entre os pontos, significando uma condição de anisotropia.

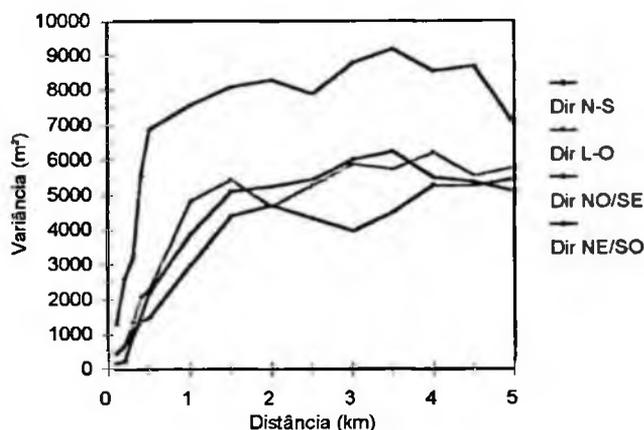


FIG 4.11: VARIOGRAMA ÁREA-TESTE "A"

Já para a área-teste "B" (figura 4.12), observa-se que a estrutura de correlação espacial não depende da direção do vetor de separação entre os pontos, significando que a condição de isotropia se satisfaz.

Observa-se, também para a área-teste "B", uma menor variância espacial dos dados e que a tendência à estacionariedade ocorre para distâncias maiores (± 2 km) se comparado com a área "A" ($\pm 1,5$ km).

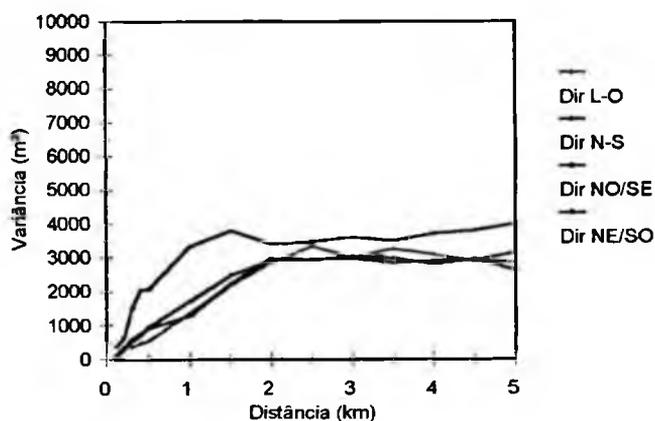


FIG 4.12: VARIOGRAMA ÁREA-TESTE "B".

Da análise dos variogramas da figura 4.11, percebe-se, particularmente na direção NE-SO, que não existe uma única tendência, evidenciando em certa forma um comportamento anisotrópico da estrutura de correlação espacial da superfície topográfica da Área-Teste "A".

Esse comportamento foi também observado nos variogramas correspondentes à Área-Teste “B” (especificamente na direção L-O), mas com menor intensidade.

Antes de gerar o MNT da área em estudo, foram ajustados, para as Áreas-Teste “A” e “B”, vários modelos teóricos de variograma experimental, sendo o variograma esférico o que apresentou melhor adequabilidade nos dados amostrais. Conseqüentemente, foi esse o método utilizado nesta pesquisa para gerar o MNT. Weibel e Heller (1991), observam que, devido ao fato das superfícies topográficas não serem totalmente estacionárias, a utilização de interpoladores exatos é mais adequada quando aplicados em dados desta natureza. Por isso, nos MNT’s gerados, não foi utilizado o efeito “pepita”. As Figuras 4.13 e 4.14 mostram os MNT’s das áreas-teste “A” e “B”, respectivamente. A figura 4.15 corresponde ao MNT da área em estudo, Bacia do Lago Descoberto.

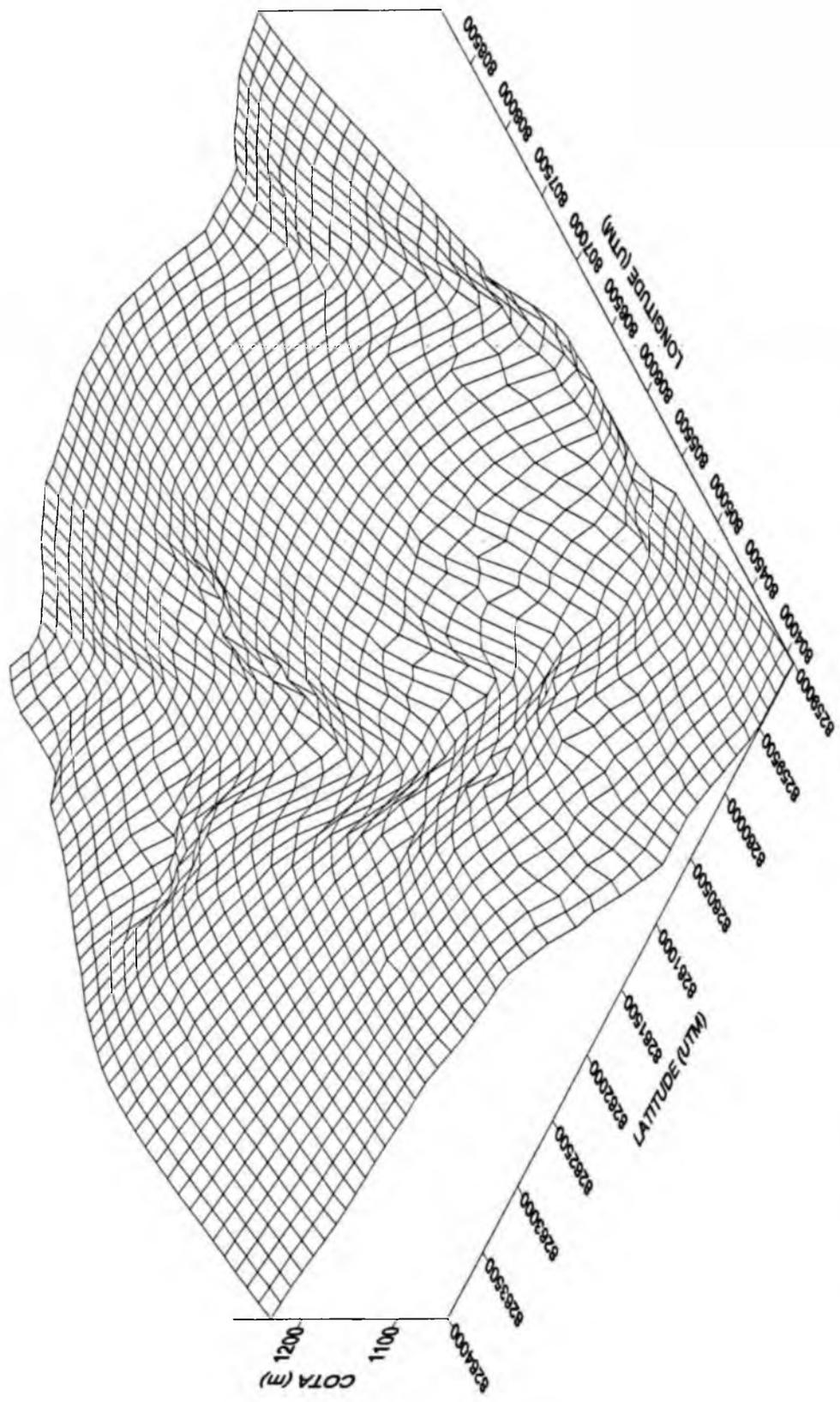


Fig. 4.13: MODELO NUMÉRICO DO TERRENO DA ÁREA-TESTE "A"

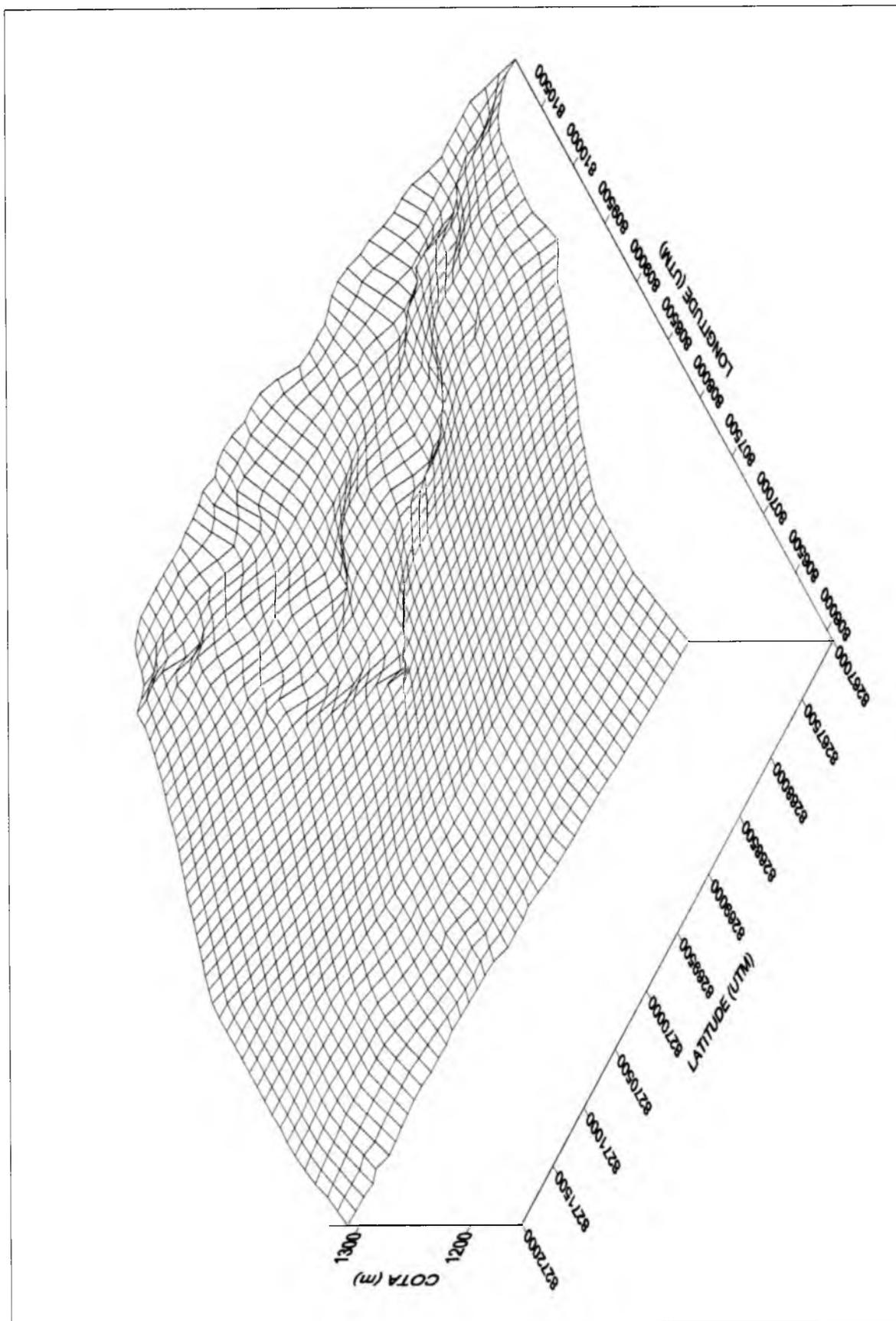


Fig. 4.14: MODELO NUMÉRICO DO TERRENO DA ÁREA-TESTE "B"

Detecção e Correção de Erros do MNT

Segundo Felissicimo (1994), os erros encontrados nos MNT's são do tipo "atributivos", isto é, implicam na designação incorreta da altitude. Esses erros comumente aparecem durante o processo de criação dos MNT's, tanto por procedimentos manuais como automáticos.

Quando os modelos são construídos a partir de arquivos de vetores, como é o caso deste trabalho, conflitos podem ser originados a partir de erros prévios ou pelo comportamento do algoritmo de interpolação nas zonas conflitivas. A natureza destes conflitos é tipicamente local, eles usualmente aparecem de forma isolada e seguem uma distribuição aleatória.

O método proposto por Felissicimo (1994), para a detecção e correção destes erros, possui as seguintes características:

- a) é um método objetivo, os parâmetros dos erros são determinados por modelos estatísticos;
- b) é possível avaliar a probabilidade de pontos errados;
- c) os valores limiares são deduzidos dos dados do modelo e são, portanto, adaptados às características do relevo da área em estudo.

O teste é baseado na análise das diferenças existentes entre dois valores de altitude para cada ponto: o primeiro é aquele coletado (correto ou errado), e o segundo é o valor obtido pela interpolação. O processo inicia-se com o cálculo de um valor de altitude, utilizando-se os pontos mais próximos, para cada ponto do modelo.

A altitude fixada num ponto localizado na linha i e coluna j é dado pela expressão:

$$Z_{i,j} = \frac{1}{4} (Z_{i,j-1} + Z_{i,j+1} + Z_{i-1,j} + Z_{i+1,j}) \quad (4.24)$$

A diferença entre a altitude estimada e a do MNT é :

$$\delta_{i,j} = Z_{i,j} - Z_{i,j} \quad (4.25)$$

Se o processo for aplicado para a totalidade dos pontos do MNT, pode-se obter a média aritmética e o desvio padrão dessas diferenças:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum_{i,j} \delta_{i,j} \quad (4.26)$$

$$s^{\delta} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i,j} (\delta_{i,j} - \bar{\delta})^2} \quad (4.27)$$

Estes valores definem a função da distribuição das diferenças, distribuição normal Gaussiana: $N(\bar{\delta}, S_{\delta})$. Como o MNT constitui a população, os valores que definem a distribuição podem ser considerados como parâmetros da população ao invés de estatísticas amostrais. Conhecendo os parâmetros que definem a distribuição, é possível realizar um teste para os valores individuais de $\delta_{i,j}$, com o qual pode-se aceitar ou rejeitar a hipótese de que o valor individual de desvio observado pode pertencer a população de desvios. É implementado através do teste “T-student” e deve ser aplicado a cada ponto de acordo com a seguinte expressão:

$$t_{i,j} = \frac{\delta_{i,j} - \bar{\delta}}{s^{\delta}} \quad (4.28)$$

Este valor é considerado um desvio padronizado, e como o número de dados do modelo é normalmente muito alto, sua magnitude é comparada ao valor tabulado $T_{\alpha}[\infty]$.

A condição do erro (representada por “e”) é dada pela expressão:

$$e \leftarrow [|T_{i,j}| \geq T_{\alpha}[\infty]]$$

Se a condição “e” for satisfeita $\rightarrow H_0$ (hipótese nula) é aceita.

O estágio de detecção dos erros é seguido pela correção dos mesmos. A correção pode ser implementada automaticamente através de algoritmos para estimar um valor aceitável (não necessariamente real) que irá substituir o valor errado. A solução mais freqüente é substituir o valor “errado” pela média dos vizinhos. Contudo, isso não foi necessário neste trabalho, uma

vez que o resultado no teste T -student quando aplicado ao MNT da Bacia em estudo indicou a aceitação da hipótese nula H_0 .

Importância:

Auxilia no estabelecimento de zoneamentos diversos (áreas com potencial de erosão e/ou impróprias para assentamento urbano). O MNT permite a quantificação de algumas grandezas associadas às características físicas da bacia (ex: declividades, desenho de perfis, etc.) propicia a identificação da rede de drenagem e dos divisores de água. Neste trabalho, o MNT foi utilizado para gerar o mapa de declividades.

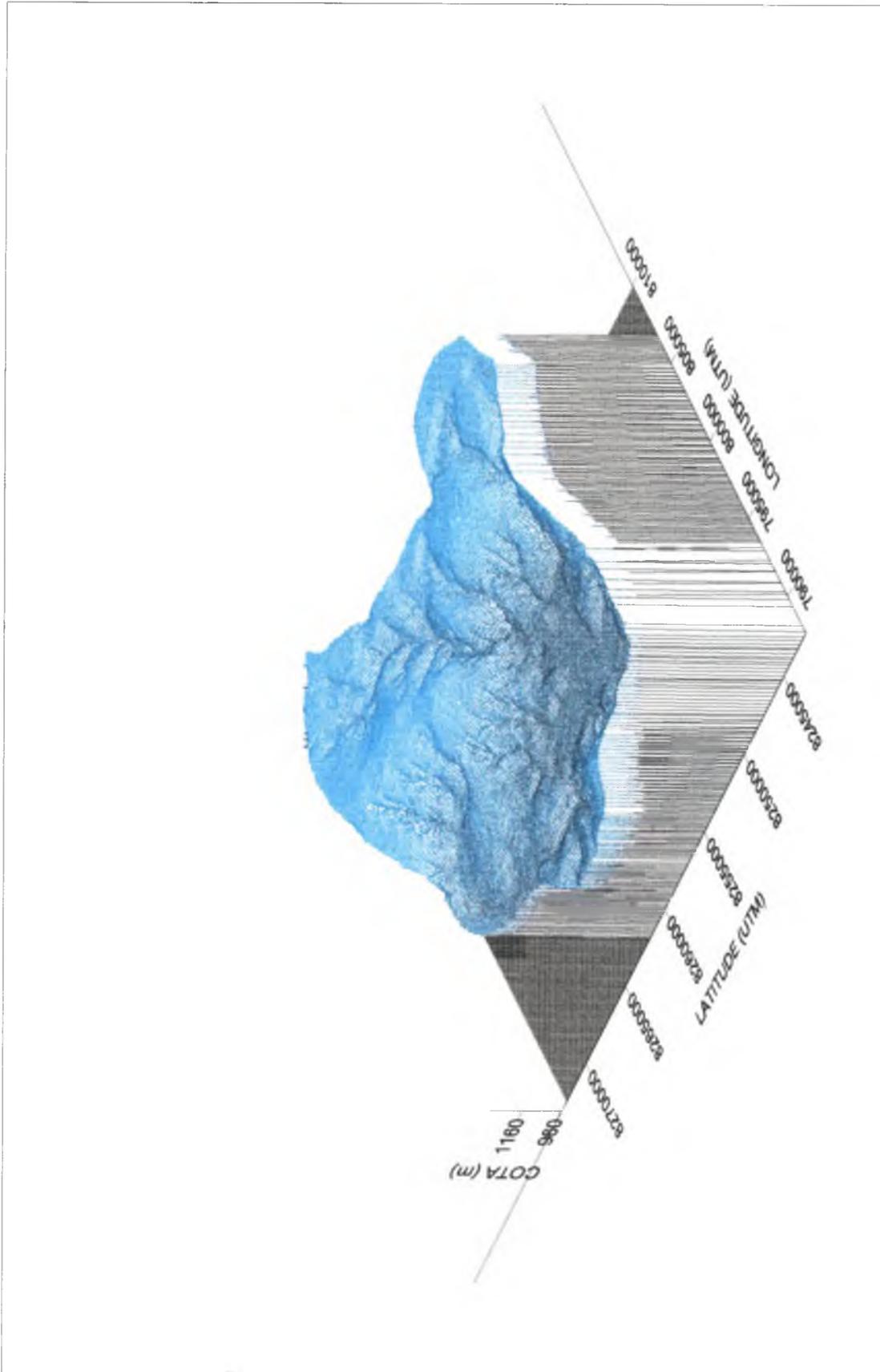
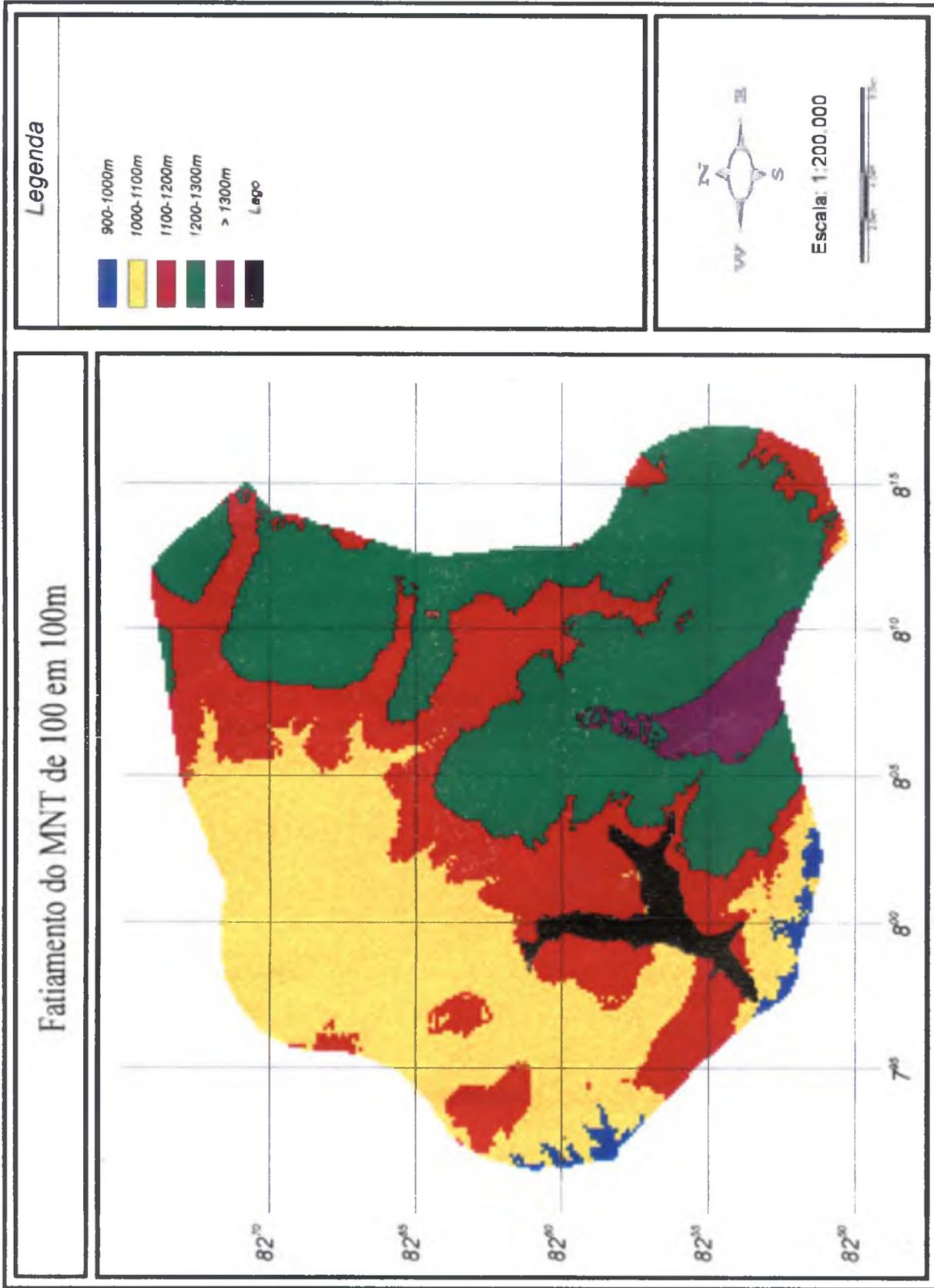


Fig. 4.15: MODELO NUMÉRICO DO TERRENO DA BACIA DO LAGO DESCOBERTO



CARTOGRAMA 4.5 FATIAMENTO DO MNT DE 100 EM 100 M

4.4. DECLIVIDADE

Conteúdo:

Neste plano de informação está armazenado o mapa de declividades derivado do MNT (Cartograma 4.6).

Metodologia:

Este plano de informação foi elaborado a partir do MNT da Bacia através da técnica descrita a seguir: como primeiro passo, determina-se os gradientes (inclinações) em relação aos oito vizinhos mais próximos definidos por uma janela de 3x3 *pixels* centralizada no *pixel* analisado. A declividade D é calculada com a seguinte expressão:

$$\frac{z_c - z_v}{d_x}$$

Para os *pixels* vizinhos localizados na horizontal em relação ao *pixel* central.

$$\frac{z_c - z_v}{d_y}$$

Para os *pixels* vizinhos localizados na vertical em relação ao *pixel* central.

$$\frac{z_c - z_v}{\sqrt{d_x^2 + d_y^2}}$$

Para os *pixels* vizinhos localizados na diagonal em relação ao *pixel* central.

onde:

Z_c : cota do *pixel* central

Z_v : cota do *pixel* vizinho

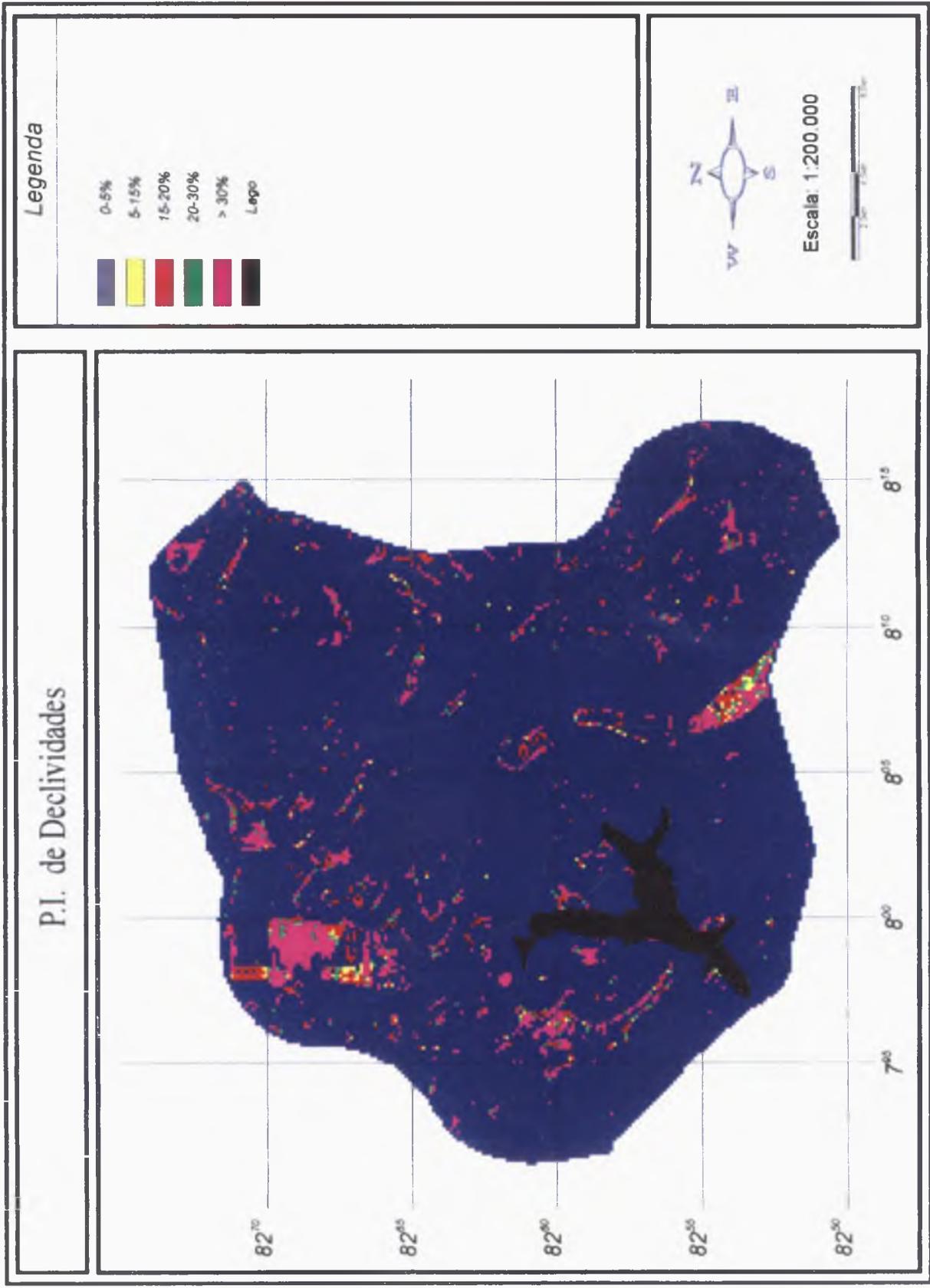
d_x : resolução horizontal do MNT

d_y : resolução vertical do MNT

A adoção do maior valor implica implicitamente, assumir a posição mais crítica ou severa de declividade.

Importância:

Como foi visto no item 2.2, a declividade consiste num aspecto fundamental quando se trata da urbanização. Através do P.I. de declividades é possível identificar as áreas mais e menos propícias aos assentamentos urbanos em função da declividade. Ressalta-se, aqui, que as classes de declividade utilizadas foram as da adaptação da proposta de Mota (1981), isto é, 0-5%, 5-15%, 15-20%, 20 a 30% e > 30%.



CARTOGRAMA 4.6 P.I. DE DECLIVIDADES

4.5. PEDOLÓGICO

Conteúdo:

Neste plano de informação está representada a distribuição espacial dos diversos tipos de solo existentes na Bacia (Cartograma 4.7).

Metodologia:

O mapa de solos utilizado neste trabalho foi o Mapa de Reconhecimento de Solos do DF, EMBRAPA (1978), Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos - SNLCS. Escala 1:100.000, e o Mapa de Tipos de Solo da Bacia do Descoberto elaborado por Falcomer (1994). Para incorporá-los ao sistema de informação geográfica foi utilizado o processo de digitalização.

Importância:

Auxilia na identificação de áreas para serem utilizadas para diversos fins de acordo com as possibilidades pedológicas, como por exemplo: assentamentos urbanos, pastagens, cultivos e etc.

4.6. ZONEAMENTO(USO/OCUPAÇÃO) PROJETADO

Conteúdo:

O conjunto de informações armazenadas neste plano, referem-se à distribuição espacial dos tipos de uso/ocupação para a bacia do Descoberto (Cartograma 4.8), conforme rege o zoneamento estabelecido pela Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP nº 001/88 (em anexo).

Metodologia:

Este plano foi elaborado a partir do Zoneamento da APA do Descoberto. A APA do Rio Descoberto foi criada com o objetivo principal de proporcionar o bem estar futuro das populações do Distrito Federal e de parte do Estado de Goiás, bem como assegurar condições ecológicas satisfatórias às represas da região. Já que a Bacia do Lago coincide, em parte, com a área delimitada para a APA, utilizou-se o Zoneamento para servir de ocupação projetada da

área. Para incorporá-lo ao sistema de informação geográfica, também foi utilizado o processo de digitalização. O mapa representa a instituição de seis diferentes zonas: Zona de Vida Silvestre; Zona de Contenção de Área Rural; Zona de Preservação e Recuperação; Zona de Controle Específico; Zona Ocupação Programada e Zona de Contenção de Área Urbana.

Zona de Vida Silvestre: foi estabelecida em acordo com o que rege o Decreto nº 88.940/83 em seu Artigo 4º, que determina como pertencentes a esta Zona os campos de murundus, matas ciliares e remanescentes de cerrado às margens dos principais corpos hídricos, áreas estas essenciais à sobrevivência de espécies da fauna e flora consideradas vulneráveis ou ameaçadas de extinção. Nesta Zona também está incluída uma faixa de 125m de largura em torno do Lago do Descoberto, medida a partir da cota máxima do mesmo (1.032m).

Zona de Contenção de Área Rural (ZCAR): subdividida em ZCAR-1 e ZCAR-2, esta Zona deve ser ocupada para fins de produção agrícola, onde deveria ser controlada a utilização de fertilizantes e defensivos, e proibida a implantação de novos loteamentos para chácaras de recreio, bem como a existência de loteamentos com características urbanas.

Zona de Preservação e Recuperação (ZPR): é destinada exclusivamente para a recuperação das condições ambientais anteriores à degradação ocasionada pela ocupação humana, visando a proteção dos corpos d'água através da recomposição da vegetação original do cerrado.

Zona de Controle Específico (ZCE): subdividida em ZCE-1 e ZCE-2, esta Zona possui áreas destinadas a reflorestamentos, preservação e recuperação de matas ciliares, e áreas de relevo acidentado com alto potencial erosivo, onde as atividades desenvolvidas devem se adaptar às necessidades conservacionistas.

Zona Ocupação Programada (ZOP): subdividida em ZOP-1 e ZOP-2, destinada a atividade agropecuária, observando contudo as limitações que as características naturais dos solos locais impõem.

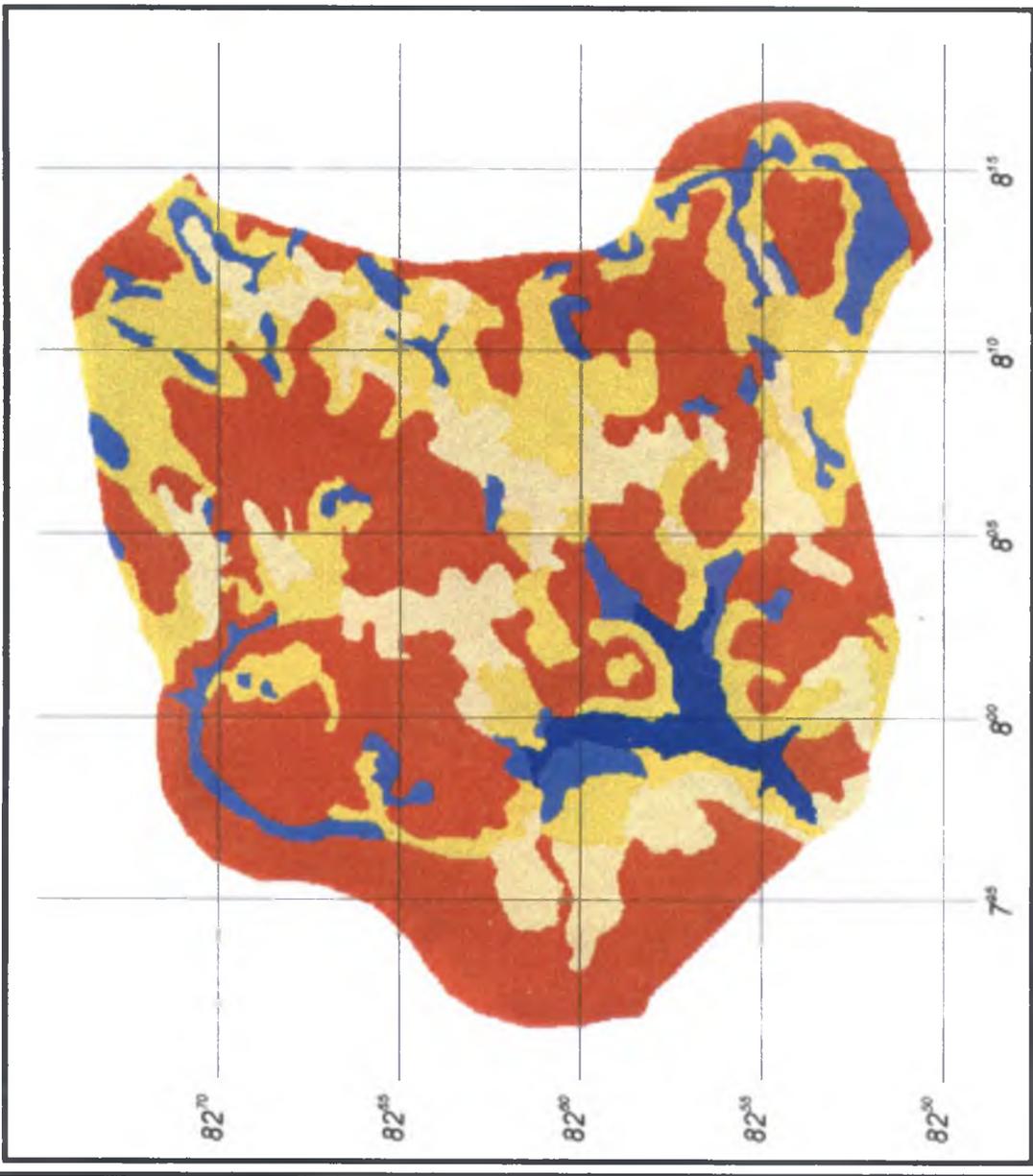
Zona de Contenção de Área Urbana (ZCAU): esta Zona corresponde à área urbana de Brazlândia e à parcelas da área da bacia na qual devem ser contidas a expansão das cidades de Taguatinga e Ceilândia.

Importância:

Ao incluir na base de dados informações sobre o uso projetado, foi possível criar um referencial de confronto e, com isso, avaliar o impacto do crescimento urbano sobre o comportamento da bacia conforme a situação atual e em relação à situação prevista no Zoneamento.

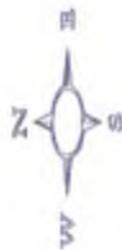
Na organização da base de dados que foi introduzida no sistema de informações, observou-se que a veracidade da informação obtida através do sistema geográfico, esteve ligada diretamente a qualidade dos dados nele introduzido e das técnicas e processos adotados no seu tratamento.

P.I. Pedológico



Legenda

- Letossolo Vermelho Escuro
- Letossolo Vermelho Amarelo
- Cambissolo
- Hidromórfico
- Areia Quartzosa
- Área Urbana
- Lago

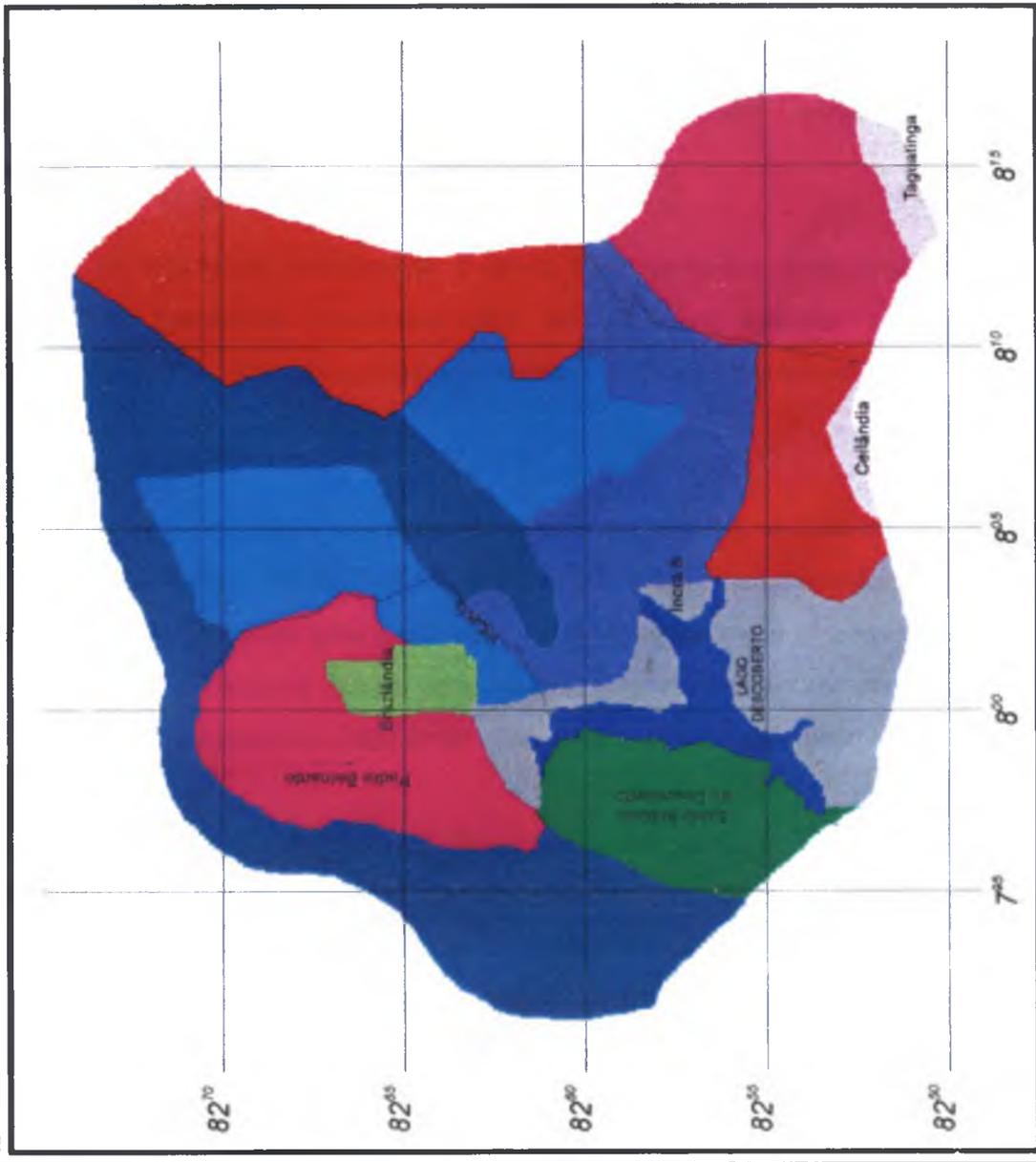


Escala: 1:200.000



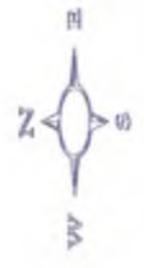
CARTOGRAMA 4.7 PI PEDOLÓGICO

P.I. de Zoneamento Projetado



Legenda

- Zona de Contenção de Área Rural 1
- Zona de Contenção de Área Rural 2
- Zona de Preservação e Recuperação
- Zona de Controle Específico 1
- Zona de Controle Específico 2
- Zona de Ocupação Programada 1
- Zona de Ocupação Programada 2
- Zona de contenção de área urbana (Braziliândia)
- Zona de contenção de área urbana (Taguat. e Cellândia)
- Lago
- PICAG



Escala: 1:200.000



CARTOGRAMA 4.8: PI DE ZONEAMENTO PROJETADO

5. ESTUDO DA EXPANSÃO URBANA

O processo de implantação do espaço urbano na Bacia do Lago Descoberto leva a conseqüências ambientais como: retirada da vegetação natural; assoreamento dos cursos d'água através do carreamento de sedimentos pela água da chuva; erosões por desmatamentos indevidos; captações irregulares de água reduzindo a vazão que flui para o Lago, e grande produção de carga poluidora, o que em última instância possui como conseqüências a alteração do sistema natural com a contaminação do lençol freático pelas fossas sépticas.

Na verdade, o problema emergente na Bacia, diz respeito não a expansão urbana em si, mas sim, ao processo desencadeado em áreas não destinadas a este fim, pois grande parte da Bacia foi destinada a área rural, que sob jurisdição do Distrito Federal apresenta sua maior parte comprometida com o Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão - PICAG (Sua localização pode ser visualizada no Cartograma 4.8)

O que deve ser levado em consideração é que a maior parte das áreas urbanas que surgiram desde 1988, apareceram justamente onde não deveriam aparecer segundo o zoneamento feito para a APA. Além disso deve-se ressaltar o problema das invasões das áreas rurais.

Essas invasões vêm ocorrendo nas terras de reserva do PICAG. A área do PICAG, dada suas características físicas - alta declividade, tipo de solo e etc., vem sofrendo com este tipo de ocupação, que traz prejuízos para a Bacia já que as invasões levam às conseqüências ambientais acima citadas. Infelizmente não foi possível identificar essas áreas nos cartogramas produzidos, pois as mesmas constituem ainda áreas muito pequenas e isoladas dentro da Bacia.

Embora as áreas do PICAG sofram fiscalização por parte do INCRA e das Administrações Regionais de Taguatinga e Ceilândia, estes órgãos não atuam efetivamente nessas áreas, fazendo com que o problema aumente a cada dia. Na foto 5.1, pode-se observar a implantação de barracos, o que caracteriza o aparecimento de uma invasão.

Infelizmente, as invasões apresentam características peculiares, como barracos espaçados e vegetação ao redor. Devido às essas características, não foi possível identificá-las nas imagens orbitais, por isso as mesmas não foram incorporadas à mancha urbana analisada.



FOTO 5.1: ÁREA CARACTERÍSTICA DE UMA INVASÃO

Outro problema encontrado na Bacia reside no parcelamento e desmembramento do solo rural, constituindo um problema principalmente face a sua natureza, uma vez que envolve limitações decorrentes da ação de órgãos públicos. Ao permitirem uma maior ocupação do solo com conseqüente adensamento da população rural, aumentam a carga poluidora da Bacia

Os desmembramentos e parcelamentos vêm ocorrendo nas áreas do PICAG do lado do Distrito Federal e em áreas dos municípios de Padre Bernardo e Santo Antônio do Descoberto em Goiás. A localização desses dois municípios pode ser visualizada no Cartograma 4.8

No território do Distrito Federal, os processos de desmembramento das parcelas do PICAG fazem com que o mesmo passe por um processo de descaracterização da sua destinação exclusivamente agrícola e transforme-se em núcleo densamente povoado, o que pode se agravar caso não seja contido o processo de especulação imobiliária desencadeado na área.

No território do estado de Goiás (municípios de Santo Antônio do Descoberto e Padre Bernardo), existe também a tendência de parcelamento das áreas rurais. Muitos loteamentos foram aprovados através de portarias do INCRA e/ou decreto de Prefeitos.

A aprovação descontrolada destes loteamentos, sem prévia discriminação de exigência a respeito da infra-estrutura a ser implantada, poderia acarretar prejuízos indesejáveis para os municípios e para o Lago. No primeiro caso, estes custos se relacionam à implantação de infra-estrutura adequada por parte do município, e no segundo caso, tais custos referem-se aos investimentos necessários aos tratamento de água, caso o loteador não implante infra-estrutura de saneamento básico.

A seguir será descrito o modelo metodológico utilizado para analisar a evolução da expansão urbana na área de estudo.

5.1. MODELO METODOLÓGICO

Para uma abordagem sistemática, é possível agrupar as atividades inerentes ao estudo da urbanização e do planejamento territorial em três grandes grupos: diagnóstico; prognóstico e a elaboração de documentos normativos (ex.: plano diretor).

A identificação geral dos problemas e necessidades existentes na área de estudo constitui o diagnóstico; a previsão de situações, o prognóstico, e a elaboração de normas e recomendação de ações que possam ser executadas ou mesmo daquelas que necessitem estudos complementares para serem consideradas, constitui a elaboração de um plano diretor.

Esta pesquisa concentrou-se somente no primeiro grupo de atividades. Para isso tornar-se possível, foi necessário, também, elaborar uma base de dados, para servir de suporte a futuras atividades de planejamento.

O diagnóstico abrangeu as seguintes etapas: aquisição de informação; organização dessas informações no banco de dados; processamento primário e elaboração de produtos primários.

Durante a etapa de aquisição de informações foram levantadas as condições ambientais atuais da área de estudo, isto é, em primeiro plano, este levantamento é composto pelos mapas temáticos e pelas informações não espaciais a eles fixáveis. Consistiu, portanto, em uma enumeração das características naturais existentes na área e que foram julgadas necessárias à incorporação na base de dados.

A criação da base de dados georeferenciada constituiu na sistematização, num SIG, das informações obtidas na etapa de aquisição de dados. Esses dados foram agrupados por afinidade (temas) e armazenados na forma de planos de informação (PI's). São esses planos de informação, os produtos primários a serem usados no processo de planejamento territorial

Foram selecionados como dados primários relevantes no estudo da expansão urbana, os seguintes: uso/ocupação do solo em 1988, 1993 e 1995, pedologia, declividade, topografia e zoneamento ambiental vigente na data.

A estrutura básica na qual se baseia a seqüência de etapas para a execução do diagnóstico está expressa esquematicamente na figura 4.1. Nesta estrutura pode-se diferenciar cinco níveis principais.

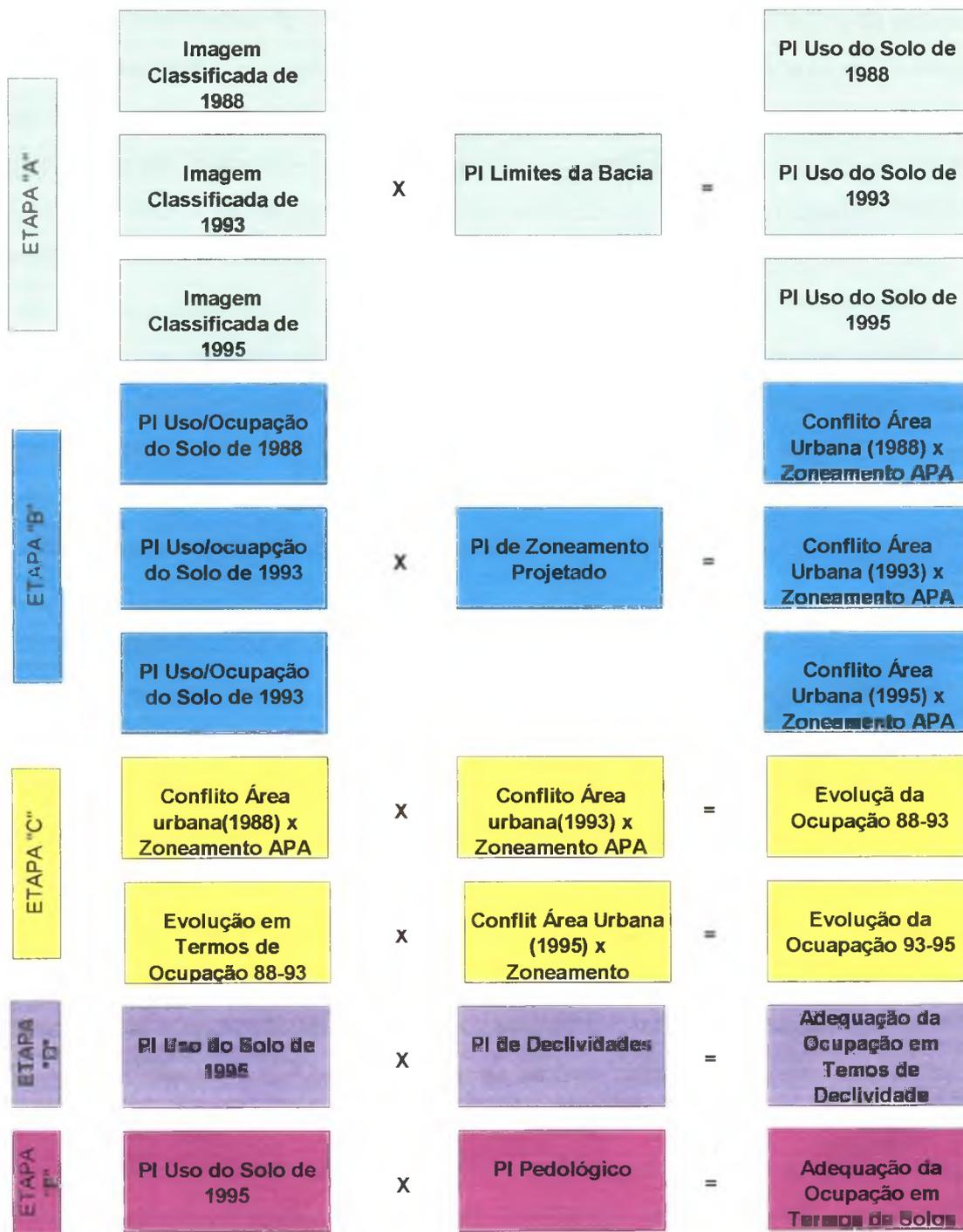


FIG 5.1: RESUMO ESQUEMÁTICO DA EXECUÇÃO DAS ETAPAS DO DIAGNÓSTICO

O estabelecimento de cruzamentos (combinação matemática ou lógica de dois ou mais planos de informação) no *software* IDRISI (Eastman, 1992) constitui uma etapa simples do ponto de vista operacional, isto é, uma superposição direta *pixel a pixel*, produzindo uma nova imagem contendo informações das duas imagens originais. Para as operações de cruzamento entre os diferentes PI's envolvidos, utilizou-se módulos específicos do sistema: *OVERLAY* e *CROSSTAB*.

Assim, no trabalho em questão, foram feitos dois tipos de cruzamentos. O módulo *OVERLAY*, realiza operações matemáticas entre pares de imagens. Este módulo satisfaz a maioria dos casos onde duas imagens de entrada são utilizadas para produzir uma imagem simples de saída. As operações no módulo *OVERLAY* trabalham na base de *pixel a pixel* e constituem simplesmente um operador aritmético entre as imagens.

Já o módulo *CROSSTAB* pode produzir, entre outras, uma superposição lógica *AND* (E) de todas as combinações possíveis entre duas imagens, criando uma imagem que possui novas categorias para ilustrar todas as combinações existentes das categorias das duas imagens de entrada. O módulo *CROSSTAB* também produz uma tabela de tabulação cruzada que lista a frequência em que cada combinação possível das categorias nas duas imagens ocorre.

A seqüência de etapas está assim distribuída: a etapa "A", constituiu a delimitação dos limites físicos da área de estudo a partir dos divisores de água da bacia. Nesta etapa foram cruzadas as imagens classificadas nos três períodos da série temporal adotada com o PI Limites da Bacia, resultando nos PI's Uso/Ocupação do Solo de 1988, 1993 e 1995.

Na etapa "B", foram cruzados os PI's Uso/Ocupação do Solo de 1988, 1993 e 1995 com o PI Zoneamento Projetado. Ressalta-se, neste momento, que para este cruzamento foram isoladas apenas as áreas urbanas dos PI's Uso do Solo. Este artifício foi utilizado por dois motivos: primeiro porque a área de interesse do trabalho foi somente a área urbana, e em segundo lugar, o fato de se isolar apenas a área de interesse, no resultado do cruzamento entre as duas imagens aparecem menos classes, o que facilita a análise do resultado. Este cruzamento gerou três imagens que representam o conflito em termos do zoneamento proposto para a Bacia, são elas: Conflito em Termos de Zoneamento de 1988, 1993 e 1995, representadas nos cartogramas 5.1, 5.2, e 5.3.

A etapa “C”, referiu-se a três cruzamentos. Primeiramente a imagem Conflito 88 foi cruzada com Conflito 93 gerando uma imagem intermediária denominada Evolução 1 (cartograma 5.4), que representa a expansão da área urbana do ano de 1988 para 1993. O segundo cruzamento foi feito entre a imagem Evolução 1 e a imagem Conflito 93, gerando a imagem Expansão da Área Urbana de 1993 a 1995 (cartograma 5.5).

Na etapa “D”, o PI Uso/Ocupação do Solo de 1995 e o PI de Declividades foram cruzados gerando o Mapa de Adequação da Ocupação em Termos de Declividade (cartograma 5.6). Mais uma vez, ressalta-se que a área urbana foi isolada pelas mesmas razões que já foram expostas anteriormente.

A etapa “E”, constituiu no cruzamento do PI Uso/Ocupação do Solo de 1995 e do PI Pedológico, resultando em uma imagem denominada de Adequação da Ocupação em Termos de Solo. (cartograma 5.7)

Os produtos elaborados através da superposição dos planos de informação constituíram mapas temáticos das avaliações realizadas e serão analisados no capítulo 5. Tem-se como exemplo de um produto primário, a definição de zonas, dentro da bacia, onde ocorrem determinadas situações ambientais, como por exemplo, a ocorrência simultânea do avanço da expansão urbana em direção à Zona de Controle Específico, proposta pela Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP nº 001/88, que prevê a preservação das áreas para agricultura. Com isso, pode-se prever, por exemplo, o aparecimento de zonas de usos conflitivos.

É importante destacar, que todas as atividades realizadas em gabinete, principalmente aquelas referentes à aquisição de informação através de sensoriamento remoto foram balizadas com visitas ao campo com o intuito de detectar eventuais erros nos resultados.

5.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Nesta etapa foram identificados, de forma geral, os problemas relacionados à expansão urbana na área de estudo com relação ao zoneamento proposto, declividade e tipos de solos.

Primeiramente serão analisados os problemas relacionados ao zoneamento proposto para a Bacia.

Zoneamento Proposto

Analisando o cartograma 5.1, que representa o conflito entre a ocupação urbana em 1988 e o zoneamento proposto para a Bacia, observa-se que neste ano, a presença da área urbana, embora não tão significativa, representando apenas 0,77 % da área total da Bacia, já gerava áreas conflitivas (áreas destinadas a um determinado fim, mas com ocupações diferentes do mesmo) com relação ao zoneamento. Neste ano, o conflito aparece porque existiam áreas urbanas implantadas em áreas destinadas ao reflorestamento, à preservação e recuperação de matas ciliares, isto é, nas Zonas de Controle Específico - ZCE - 1 e 2. As zonas conflitivas ocupavam 1,2 e 3,0 % da ZCE 1 e 2, respectivamente.

No cartograma 5.2, que representa o conflito entre a ocupação urbana em 1993 e o zoneamento proposto para a Bacia, observa-se que além das áreas urbanas terem se expandido em direção às Zonas de Controle Específico - ZCE 1 e 2, novos assentamentos urbanos surgiram em áreas destinadas à ocupação agrícola onde, de acordo com o zoneamento, seria proibida a implantação de novos loteamentos, tanto para chácaras como para área residencial. Estas áreas constituem as Zonas de Contenção de Área Rural - ZCAR 1 e 2. A área urbana neste ano ocupou 2,34 % da área total da Bacia. As zonas conflitivas ocupavam 3,1 e 6,1 % da ZCE 1 e 2, respectivamente e 7,0 e 9,8 % da ZCAR 1 e 2, respectivamente.

Já no cartograma 5.3, que representa o conflito entre a ocupação urbana em 1995 e o zoneamento proposto para a Bacia, observa-se que as áreas urbanas existentes continuaram a se expandir em direção às zonas conflitivas anteriores e que além dessas, foi implantada uma área urbana na Zona de Ocupação Programada - ZOP, que constitui uma área destinada à atividade agropecuária. Nesse ano, 3,26 % da área da Bacia estava ocupada por áreas urbanas. As zonas conflitivas ocupavam 4,2 e 7,8 % da ZCE 1 e 2; 7,9 e 12 % da ZCAR 1 e 2, respectivamente; e 1,2% da ZOP 1.

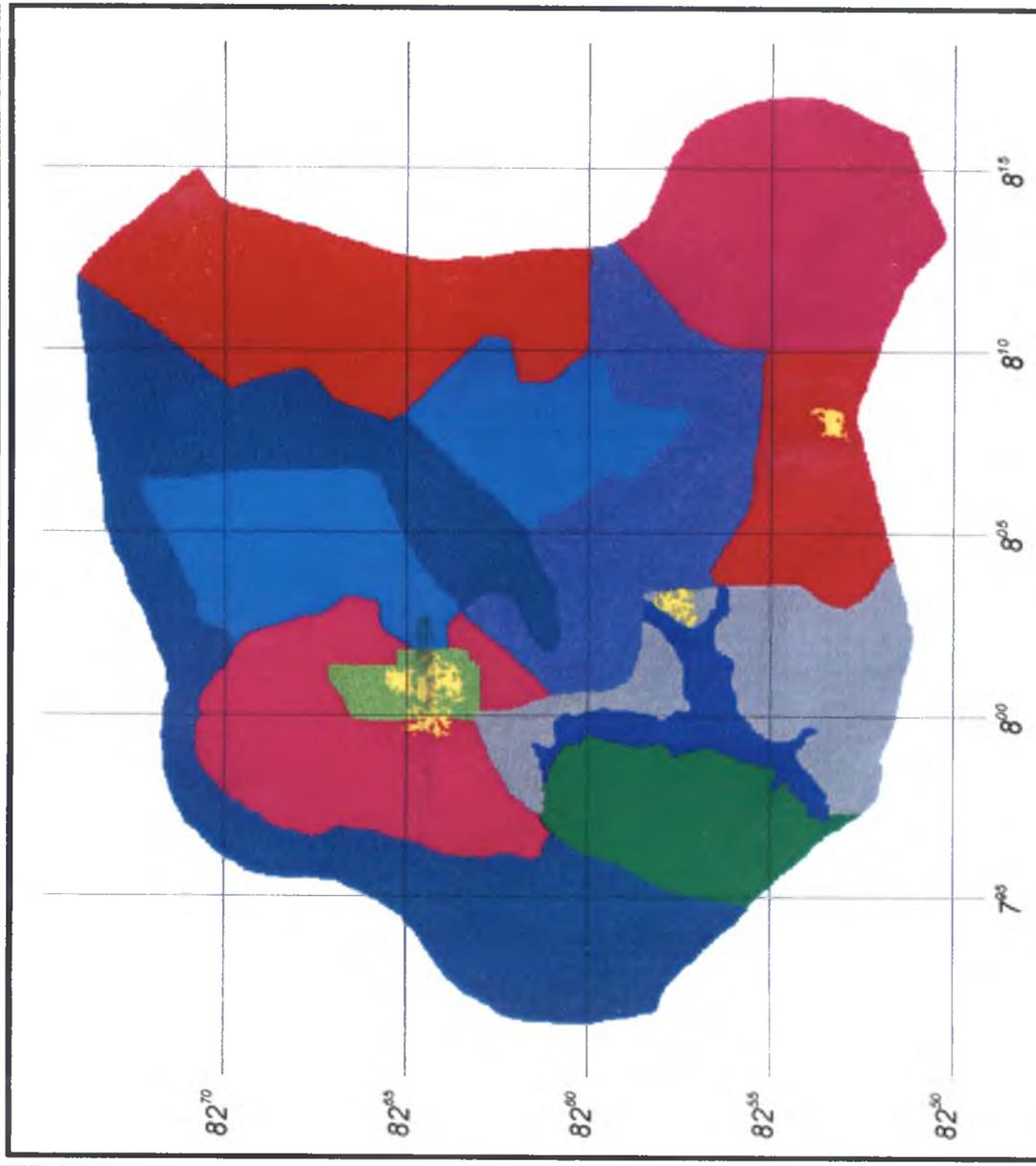
Através da tabela 5.1, percebe-se que ao longo do período estudado, as áreas em conflito tiveram um relativo aumento, sendo que, a ZCAR 2 foi a zona onde apareceu a maior porcentagem de áreas conflitivas (12%), concentrando-se próximas à rodovia BR 070.

TABELA 5.1: PORCENTAGEM DE ÁREAS CONFLITIVAS

Ano	ZCE1	ZCE2	ZCAR1	ZCAR2	ZOP1	ZOP2	ZPR
1988	1,2	3,0	-	-	-	-	-
1993	3,1	6,1	7,0	9,8	-	-	-
1995	4,2	7,8	7,9	12,0	1,2	-	-

Com a utilização das técnicas de geoprocessamento, a identificação da mancha urbana e das áreas conflitivas foi realizada de maneira rápida e eficiente, assim como sua quantificação onde foram utilizados os histogramas das imagens gerados pelo *software* IDRISI. A maior vantagem observada neste processo foi o menor tempo utilizado para o processamento dos dados primários e para a obtenção dos resultados em comparação com o processo manual.

Conflito entre Área Urbana de 1988 e Zoneamento Projetado



Legenda

- Lago
- Zona de Ocupação Programada 2
- Zona de Controle Específico 2
- Zona de contenção da área urbana (Brezilândia)
- Zona de Controle Específico 1
- Zona de Contenção de Área Rural 1
- Zona de Ocupação Programada 1
- Zona de Contenção de Área Rural 2
- Zona de Preservação e Recuperação
- Área Urbana

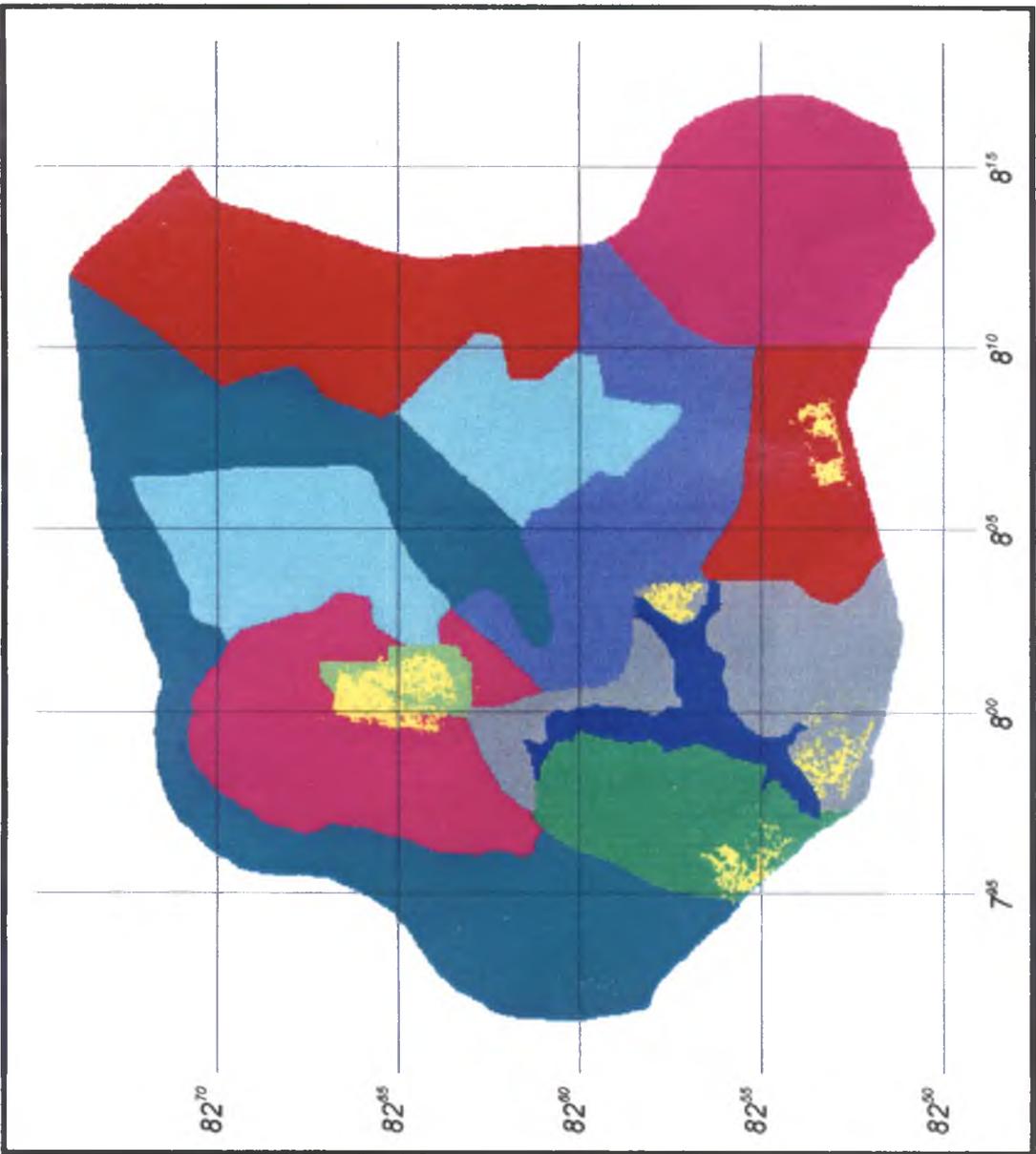


Escala: 1:200.000



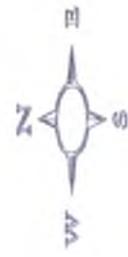
CARTOGRAMA 5.1: CONFLITO ENTRE ÁREA URBANA DE 1988 E ZONEAMENTO PROJETADO

Conflito entre Área Urbana de 1993 e Zoneamento Projetado



Legenda

- Lago
- Zona de Ocupação Programada 2
- Zona de Controle Específico 2
- Zona de contenção de área urbana (Braziliândia)
- Zona de Controle Específico 1
- Zona de Contenção da Área Rural 1
- Zona de Ocupação Programada 1
- Zona de Contenção da Área Rural 2
- Zona de Preservação e Recuperação
- Área Urbana

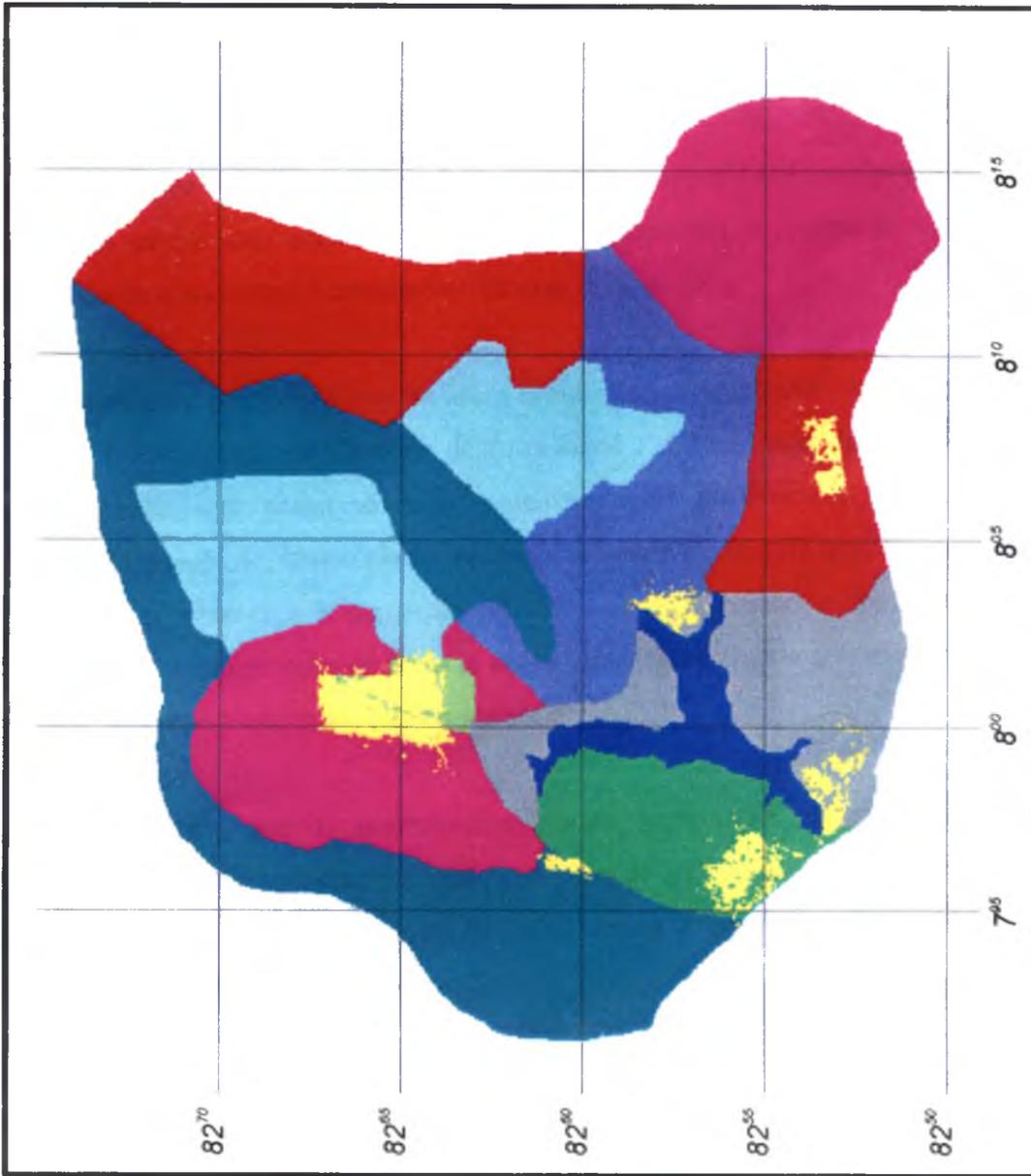


Escala: 1:200.000



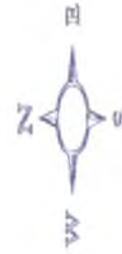
CARTOGRAMA 5.2: CONFLITO ENTRE ÁREA URBANA DE 1993 E ZONEAMENTO PROJETADO

Conflito entre Área Urbana de 1995 e Zoneamento Projetado



Legenda

- Lago
- Zona de Ocupação Programada 2
- Zona de Controle Específico 2
- Zona de contenção da área urbana (Braziliândia)
- Zona de Controle Específico 1
- Zona de Contenção da Área Rural 1
- Zona de Ocupação Programada 1
- Zona de Contenção da Área Rural 2
- Zona de Preservação e Recuperação
- Área Urbana



Escala: 1:200.000



CARTOGRAMA 5.3: CONFLITO ENTRE ÁREA URBANA DE 1995 E ZONEAMENTO PROJETADO

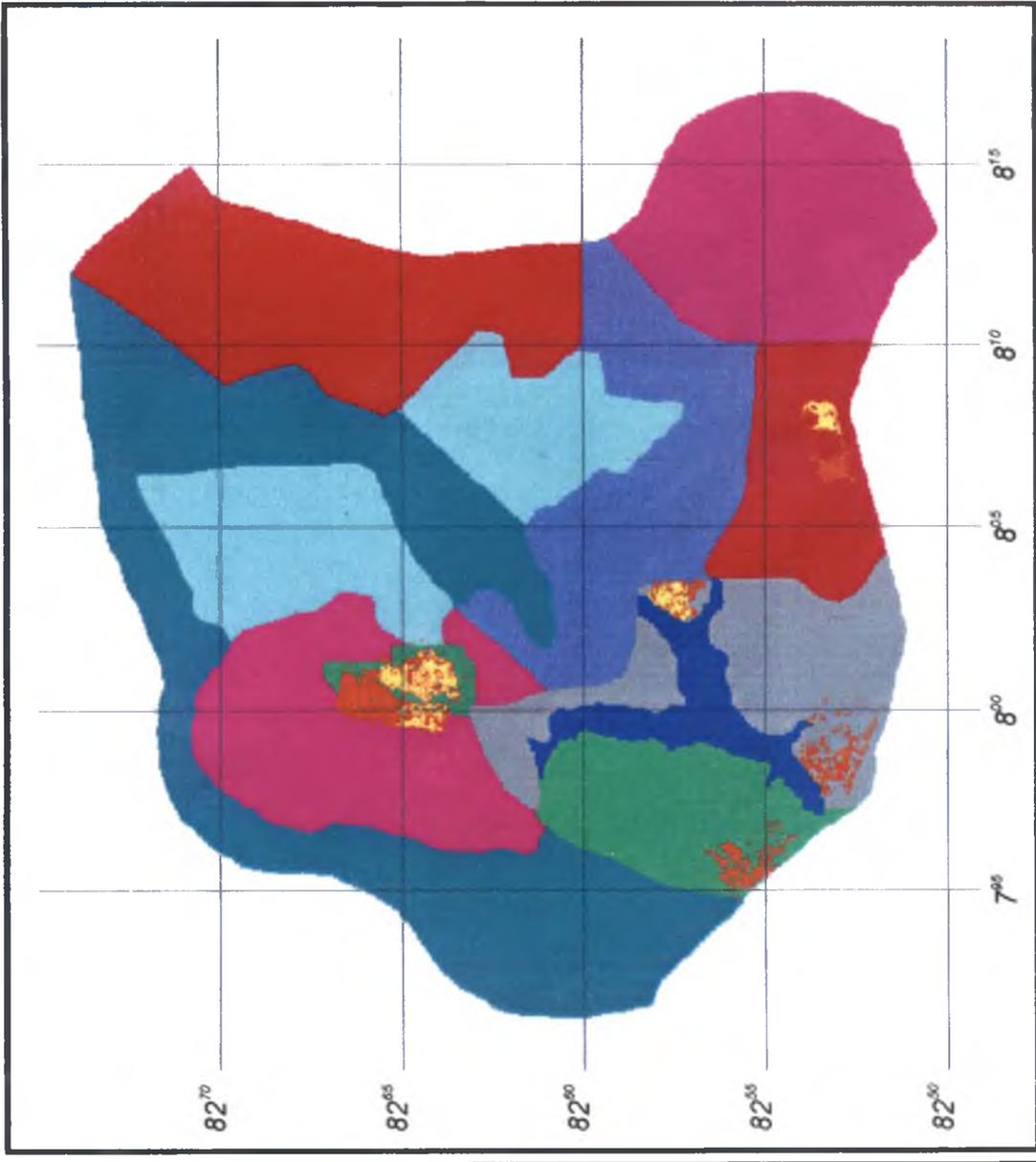
O desenvolvimento do espaço urbano na Bacia do Lago Descoberto tem sua origem a partir da década de 70. Desde então o vetor de expansão urbana é crescente. Nos cartogramas 5.4 e 5.5, pode-se observar a evolução das áreas urbanas do ano de 1988 para 1993; e do ano de 1993 para 1995, respectivamente. As áreas em cor laranja representam a expansão da área urbana de um ano para o outro. No primeiro período (1988 a 1993), a classe “expansão urbana” ocupava 1,8% da área total da Bacia e no segundo período (1993 a 1995), esta classe ocupava 1,5%. Este dado demonstra que a área urbana teve uma menor expansão no segundo período. Fato este que pode ser explicado devido à série temporal adotada que não apresentou uma periodicidade regular. Portanto, é compreensível que num período de 5 anos a expansão da área urbana tenha apresentado um crescimento maior do que em 2 anos. Considerando a taxa de crescimento anual das áreas urbanas como sendo constante de um período a outro, esta se apresentou como sendo 25% e 18%, respectivamente.

Neste momento, vale ressaltar que mesmo sendo a série temporal utilizada pequena, o que compromete uma análise mais ampla das transformações espaciais, a mesma se mostrou satisfatória no sentido de demonstrar o crescimento da área urbana.

O que é interessante observar é que as áreas urbanas se concentraram nas Zonas de Controle Específico 2 e nas Zonas de Controle de Área Rural 1 e 2 ao longo da rodovia BR 070. Talvez essa concentração tenha se dado exatamente pela proximidade da rodovia, facilitando o acesso da população. Outro ponto interessante reside no fato de que, felizmente, em nenhum período foi observada a ocupação na Zona de Preservação e Recuperação, destinada exclusivamente à recuperação de áreas já degradadas, demonstrando que no momento do zoneamento o estabelecimento desta zona pode ser preservado.

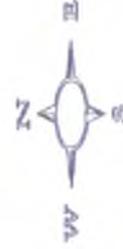
Observou-se, também, que os assentamentos foram implantados em áreas outrora ocupadas pela classe “solo exposto”, demonstrando que antes da área urbana ser implantada, a vegetação vai sendo retirada já com o intuito de se urbanizar a área. Este fato pode ser observado nos cartogramas de Uso/Ocupação do Solo.

Evolução do Conflito de 1988 a 1993



Legenda

- Lago
- Zona de Ocupação Programada 2
- Zona de Controle Específico 2
- Zona de contenção da Área urbana (Brazilândia)
- Zona de Controle Específico 1
- Expansão
- Zona de Contenção da Área Rural 1
- Zona de Ocupação Programada 1
- Zona de Contenção da Área Rural 2
- Zona de Preservação e Recuperação
- Área Urbana

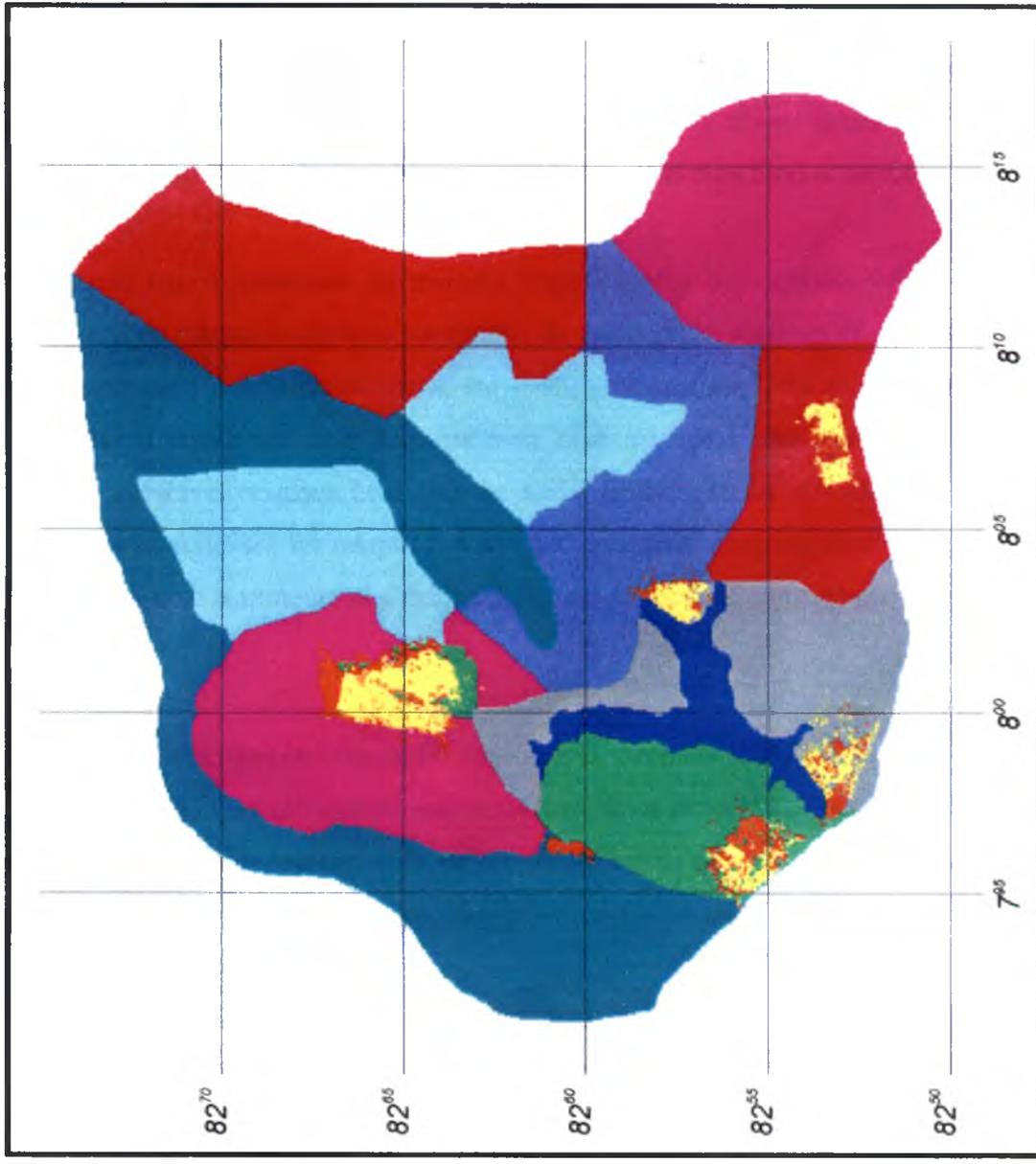


Escala: 1:200.000



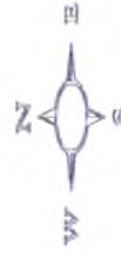
CARTOGRAMA 5.4: EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA DE 1988 A 1993

Evolução do Conflito de 1993 a 1995



Legenda

-  Lago
-  Zona de Ocupação Programada 2
-  Zona de Controle Específico 2
-  Zona de contenção da área urbana (Braziliândia)
-  Zona de Controle Específico 1
-  Expansão
-  Zona de Contenção de Área Rural 1
-  Zona de Ocupação Programada 1
-  Zona de Contenção de Área Rural 2
-  Zona de Preservação e Recuperação
-  Área Urbana



Escala: 1:200.000



CARTOGRAMA 5.5: EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA DE 1993 A 1995

Declividade

A declividade constitui um fator ambiental de extrema importância no processo de urbanização. Como foi citado anteriormente no item 2.1, o planejador pode definir, dependendo das características específicas de cada local, intervalos de densidade de ocupação, para uma determinada área, em função da sua declividade. A adoção desses intervalos auxilia no processo de planejamento territorial, pois limita a ocupação evitando eventuais danos ao meio ambiente decorrentes de ocupações desordenadas.

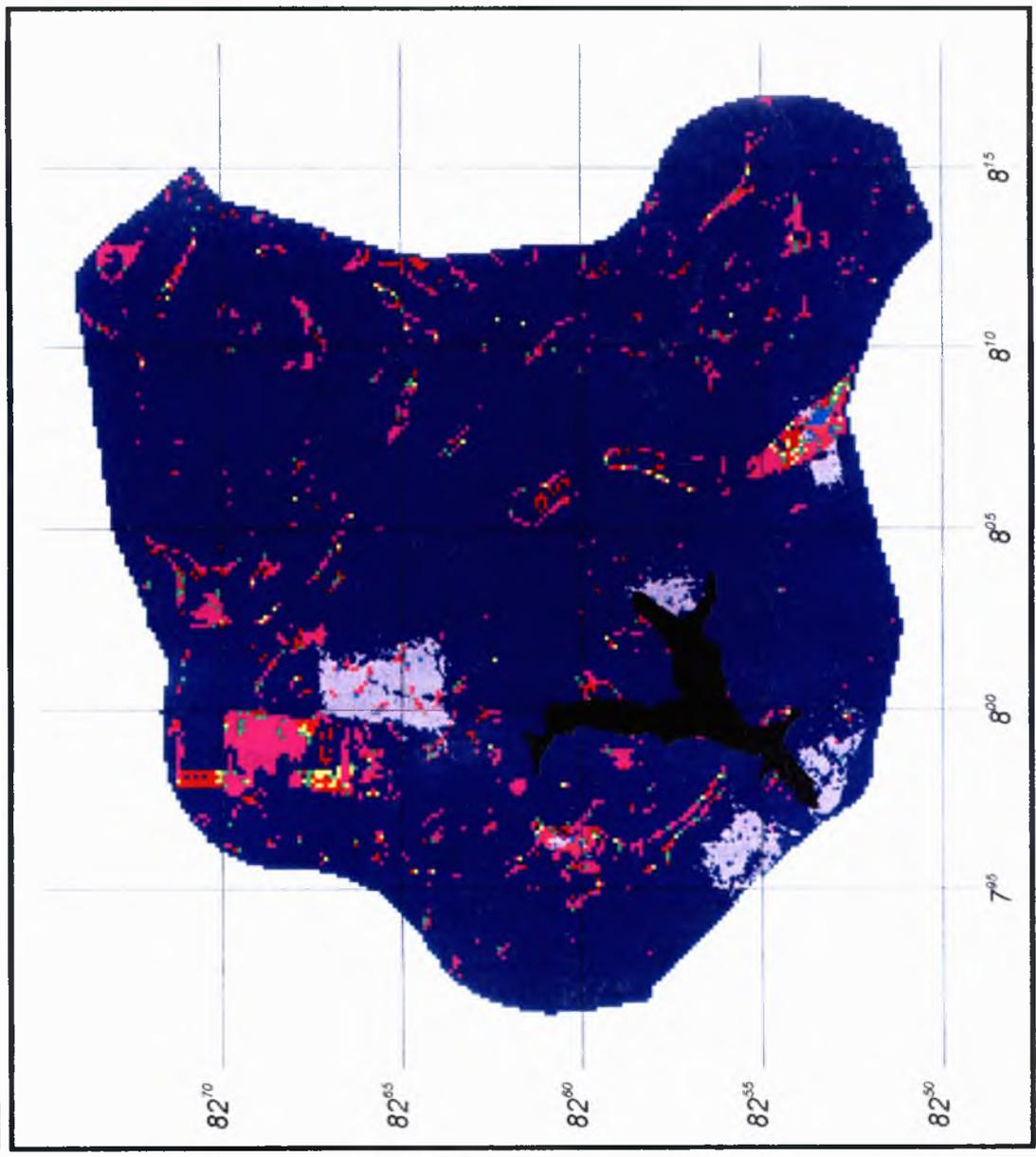
Para avaliar o processo de expansão urbana na área de estudo associado à declividade, foram adotados os intervalos sugeridos por Mota (1991) (adaptação). Assim, observa-se no cartograma 5.6, que representa a adequação da ocupação urbana em termos da declividade (em 1995), que em primeiro lugar, a área de estudo apresenta, em sua maior parte um relevo plano, entretanto, existem áreas onde a declividade ultrapassa 30%. Essas áreas situam-se principalmente nas partes intermediárias entre as cotas mais elevadas e os fundos de vale.

São essas áreas que apresentam os maiores impedimentos à ocupação urbana. De acordo com a proposta de ocupação do solo em função da declividade, a classe de declividade considerada **imprópria para ocupação** ocupava, em 1995, uma área de 7,9% da área urbana, isto é, as áreas urbanas invadiram uma pequena área onde os solos não são propícios à ocupação, e a classe **aceitável** ocupava uma área de 3,5%. Embora tenha sido definida uma classe aceitável, a mesma só deverá ser ocupada, desde que o loteador leve em consideração as características físicas da área e tome as devidas medidas em termos de conservação do meio ambiente.

A classe **propícia à ocupação** urbana, no mesmo ano, ocupava uma área de 88,5%, ou seja, quase a totalidade das áreas urbanas se encontram em solos propícios à ocupação. Vale ressaltar que, embora a área seja caracterizada como propícia, não deve-se deixar de lado as medidas de controle e prevenção da degradação do meio ambiente causada pela urbanização.

Observou-se, assim, que a maior parte da área ocupada pela área urbana se caracterizava como área propícia à urbanização (em termos de solos), o que significa que a ocupação urbana, embora ofereça um risco à degradação ambiental, em termos de solos, ainda não compromete ambientalmente a área ocupada.

Adequação da Ocupação em Termos de Declividades



Legenda

0-5%	Propício para ocupação
5-15%	Aceitável
15-20%	Impróprio para ocupação
20-30%	Lago
> 30%	

Escala: 1:200.000

CARTOGRAMA 5.6: ADEQUAÇÃO DA OCUPAÇÃO EM TERMOS DE DECLIVIDADE

Solos

Outra característica ambiental de importância relevante é o tipo de solo da área que está sofrendo processo de expansão urbana. Devido à maior susceptibilidade de determinados solos aos processos erosivos, as áreas que possuem esses solos devem ser identificadas e destinadas a outros tipos de ocupação que não seja a urbana, uma vez que as implicações que envolvem a urbanização levam à substituição dos elementos naturais por elementos construídos transformando o espaço e rompendo o equilíbrio da paisagem.

No cartograma 5.7, que representa a adequação da ocupação em termos de solos (em 1995), observa-se que a maior parte da área estudada é composta por latossolos, 69,9%. Estes solos são associados a terrenos planos a suave ondulados, o que caracteriza terrenos propícios para assentamentos urbanos. A susceptibilidade à erosão é baixa, ocorrendo esporadicamente sulcos e ravinas em locais onde haja concentração de água de escoamento superficial ou próximos à cursos d'água onde o declive é mais acentuado. Em 1995, 87,2% de área urbana encontrava-se sobre os latossolos.

Entretanto, cabe ressaltar que após o desmatamento, se esses solos permanecerem sem proteção por um longo período de tempo, se tornam altamente susceptíveis aos processos erosivos, especialmente se os sulcos atingem camadas do subsolo permitindo um rápido aprofundamento das voçorocas e desmoronamentos, no caso de ocorrência de canalização de águas pluviais.

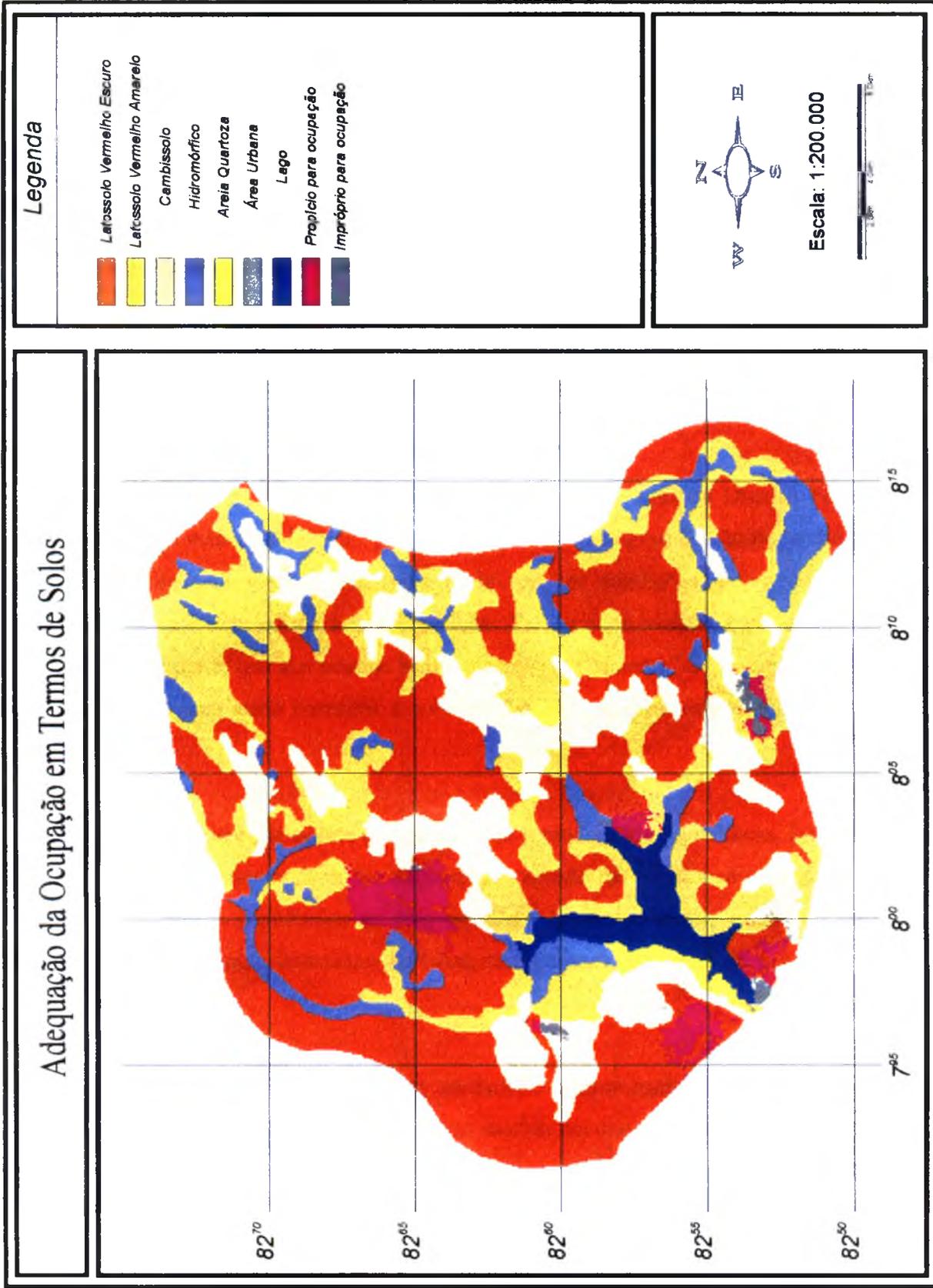
Os outros tipos de solo que aparecem na Bacia, devido às suas características, principalmente a susceptibilidade à erosão, foram considerados impróprios para a ocupação urbana, entretanto, observou-se que algumas áreas urbanas se expandiram sobre os mesmos.

Os cambissolos, além de serem encontrados em locais com declividades mais elevadas, possuem alta susceptibilidade à erosão sendo que, 7,86% de área urbana encontrava-se sobre os cambissolos. Os solos hidromórficos, por sua vez, encontram-se na parte inferior da paisagem e são caracterizados pela proximidade do lençol freático na superfície; 4,94% de área urbana encontrava-se sobre esse solo. De maneira geral, a maior parte desses solos deveria ser conservada pela Lei que protege as matas ciliares ao longo dos cursos d'água. Porém, as

várzeas têm sido utilizadas para o cultivo de hortifrutigranjeiros, assim como as margens do Lago.

Foram as associações com estes dois tipos de solos que geraram as áreas impróprias para a ocupação urbana, totalizando 12,8%. Infelizmente, essas áreas já foram implantadas, o que resta fazer é impedir que essas áreas continuem a se expandir.

As areias quartzozas aparecem em pequenas manchas e felizmente muito poucas áreas urbanas se desenvolveram sobre esses solos (0,22%), principalmente porque são solos bem drenados que apresentam uma textura arenosa fazendo com que sua susceptibilidade à erosão seja elevada.



CARTOGRAMA 5.7: ADEQUAÇÃO DA OCUPAÇÃO EM TERMOS DE SOLOS

5.3. CONCLUSÕES

As áreas urbanas encontradas hoje na Bacia do Lago Descoberto, tiveram seu maior desenvolvimento a partir dos anos 90, entretanto a grande expansão rumo à periferia do Distrito Federal como um todo, teve início em meados dos anos 70. Essa expansão, tanto no DF como na Bacia do Lago, teve como primeiro efeito a quebra do uso do solo anterior, basicamente agropecuário.

Como foi visto no capítulo 2, vários agentes contribuem para a expansão urbana e através da análise das ações de cada um deles pode-se compreender melhor o processo de expansão urbana ocorrido na Bacia do Lago Descoberto.

Os agentes do Poder Público (Prefeituras de Goiás e Governo do Distrito Federal) acabam arcando com o mais pesado ônus, pois possuem as desvantagens de não poder frear os loteamentos aprovados em gestões anteriores e de não ter condições de extrair desses loteamentos os recursos necessários à boa condução dos serviços básicos à população. Os problemas para este agente, que aos poucos se transforma em “paciente” da expansão urbana, só se agravam, sendo uma saída transferir a solução dos mesmos para esferas mais altas do Poder Público.

O agente imobiliário é um agente complexo, dele fazendo parte imobiliárias, loteadores independentes e empresas construtoras. No início deste capítulo foi mencionado como se dá a atuação dos especuladores imobiliários na área estudada. Observou-se que a atuação desse agente é dinâmica, provocando constantes revisões, sempre com vantagens do processo que ele mesmo gerou.

Já o morador configura-se como um verdadeiro agente-paciente do processo de expansão urbana. O morador se constitui paciente na medida em que é “expulso” da sua região de origem, onde não possui acesso à terra e à habitação; se transforma em agente no momento em que, de posse da terra, passa ele próprio a construir barracos, vendê-los ou alugá-los. Além disso, o morador atua como intermediário, numa espécie de agenciador, encaminhando conhecidos à imobiliária, participando com essas ações do jogo da especulação imobiliária.

Diante do quadro exposto, medidas urgentes devem se fazer presentes na área, antes que a consolidação do processo de expansão urbana se transforme em urbanização propriamente dita, inviabilizando as intervenções posteriores do Poder Público.

É recomendável que as prefeituras e administrações regionais conjuguem esforços com o Estado de Goiás e o Distrito Federal para fazer frente a este processo de expansão urbana, no manejo de variáveis que promovam maior bem estar à população que se deslocou para a área.

Conforme foi visto ao longo deste estudo, a Bacia do Lago Descoberto, que foi transformada em APA, constituindo-se um espaço legalmente delimitado e caracterizado como Unidade de Conservação, vem passando por vários problemas, dentre eles, a expansão urbana, processo incompatível com a função da APA de conciliar as atividades humanas com a conservação de recursos naturais.

O mais negativo dos efeitos da ação antrópica sobre o solo é, sem dúvida, propiciar condições para o desencadeamento do processo de erosão. A erosão, sendo um processo de modificação da estrutura do solo, pode ser entendida como uma forma de poluição da água, pois o carreamento de pequenas partículas do solo provoca alterações na qualidade da água, resultando em desequilíbrios ecológicos. A expansão urbana contribui para acelerar esse processo e suas principais conseqüências podem ser resumidas da seguinte forma:

1º) alteração da qualidade da água, influenciando na elevação do custo de tratamento, já que a Bacia do Lago é utilizada para abastecimento público; e

2º) redução da capacidade de armazenamento de água no reservatório prejudicando o abastecimento público.

Este se constitui num quadro que pode vir a se consolidar na Bacia do Lago se o processo de expansão urbana não for contido.

Pretende-se, assim, simplesmente chamar a atenção para as medidas que devem ser levadas em consideração na implantação de novos assentamentos urbanos, com referência à preservação do meio ambiente sem, contudo, ter a pretensão de apresentar algo inédito.

A exemplo da área estudada, percebeu-se, em primeiro lugar, o conflito existente entre o zoneamento da APA e a expansão urbana, o que reflete uma fiscalização deficiente por parte dos órgãos competentes, já que o zoneamento é acompanhado de um Programa de Gestão Ambiental (em-anexo) cujos princípios são: monitorar e fiscalizar a área com articulação permanente entre instituições governamentais e não governamentais.

Entretanto, uma vez desencadeado o processo de expansão urbana, a saída será controlando realizando um rezoneamento da APA. O zoneamento em vigor já está sendo submetido a um processo de revisão pela Secretaria do Meio Ambiente e Tecnologia do Distrito Federal - SEMATEC, no entanto, encontra-se em estágio menos avançado do que o rezoneamento da APA do São Bartolomeu, razão pela qual não foi ainda possível vislumbrar uma nova configuração para esta área. Os resultados desses rezoneamentos indicarão possibilidades de ocupação para fins urbanos no interior desta Unidade de Conservação, abrindo caminho para regularização de loteamentos que em alguns casos apresentam níveis de consolidação elevados. Isto deverá ser feito sem, contudo, descaracterizar os objetivos primários de uma APA, a saber:

- “- proteger a cobertura vegetal e a fauna, com ênfase para as espécies em extinção;*
- manter e promover a melhoria da qualidade dos recursos hídricos;*
- compatibilizar o uso dos recursos naturais e a ocupação do espaço territorial com a conservação ambiental;*
- estabelecer modelos de gestão ambiental;*
- proteger o patrimônio cultural;*
- proteger os monumentos naturais e paisagísticos.”*

Observa-se, assim, que, já que o processo de expansão foi desencadeado e novos locais com aptidões múltiplas, onde ocorrem ou podem vir a ocorrer problemas específicos deverão ser definidos para a Bacia do Lago Descoberto, deve-se, então, recomendar algumas medidas para a implantação de novas áreas urbanas, levando-se em consideração que este se constitui num processo irreversível.

A análise da área estudada é, obviamente, o passo inicial para a implantação de um novo assentamento, independente de seu porte. É através da análise da área que são fornecidos

os elementos básicos para a definição do projeto, para a elaboração do EIA/RIMA (exigido pelo PDOT) bem como para obtenção do licenciamento ambiental.

Para a análise da área, é necessário que se verifique como a nova área urbana afetará ou será afetada pelos componentes do meio natural que se inter-relacionam e interdependem, como o solo, clima, recursos, hídricos, vegetação e etc. Para que se possa conhecer o meio natural e a conseqüente ação sobre ele, na elaboração de um projeto urbano, é necessário a participação de uma equipe de trabalho multidisciplinar, com a finalidade de se procurar manter o equilíbrio dinâmico do meio natural, evitando-se, portanto, zonas críticas, que podem surgir a curto prazo já na implantação do projeto ou mesmo a longo prazo, na manutenção do empreendimento.

Após a adoção das medidas acima recomendadas, a elaboração do novo zoneamento ambiental da APA do Descoberto pode e deve fazer uso das técnicas de geoprocessamento demonstradas neste trabalho, principalmente devido à sua eficiência e rapidez quanto a obtenção dos resultados. Entretanto, cabe lembrar que cada *software* possui suas vantagens e limitações, por esse motivo o tipo de estudo a ser realizado deve estar bem delimitado para que as técnicas utilizadas proporcionem os melhores resultados possíveis.

O zoneamento ambiental, segundo a SEMA (1986), "*procura ordenar o território segundo suas características bióticas e abióticas básicas, através do agrupamento de áreas cujos conjuntos formam unidades de terra relativamente homogêneas, de modo a facilitar a análise integrada da paisagem*". Analisando este conceito juntamente com as características observadas na Bacia do Lago Descoberto ao longo deste estudo, recomenda-se que o próximo zoneamento ambiental elaborado siga a metodologia de Rocha (1995). De acordo com esta metodologia, dez parâmetros ambientais são quantificados e através de equações matemáticas definem quatro classes ambientais para a APA, são elas:

Área de Preservação Permanente (APP): são áreas reservadas à manutenção de ecossistemas intactos, onde são proibidas visitas, a exceção de expedições científicas credenciadas pelos órgãos ambientais;

Área de Conservação Permanente (ACP): são áreas onde pode conviver o homem x ecossistema sem grandes impactos ambientais. Essa ocupação depende do Plano de Controle Ambiental (PCA) aprovado pelo órgão ambiental competente;

Área de Restauração (AR): são áreas onde a deterioração ambiental ultrapassa 10%, sendo que, após restauração, o órgão ambiental poderá transformar o todo ou parte dela em ACP ou AUO; e

Área de Uso e Ocupação (AUO): são áreas destinadas ao homem. São as áreas sociais existentes nos ecossistemas. Para qualquer empreendimento ali instalado deverá ser elaborado EIA/RIMA e exigido o licenciamento ambiental.

O primeiro zoneamento elaborado para a APA do Descoberto adotou metodologia similar, entretanto, apresentou-se como um processo apenas qualitativo, enquanto que a metodologia que utiliza o processo citado anteriormente, quantificando os parâmetros ambientais, se adotada, poderá promover uma análise mais precisa da situação da APA e dos problemas ali encontrados.

Entretanto, bons estudos e projetos, não são o suficiente para se evitarem problemas ambientais em novos assentamentos urbanos, se o processo de implantação não for cuidadoso e criterioso. É fundamental, portanto, que as preocupações iniciais estejam aliadas a uma série de cuidados que garantam o melhor resultado possível. Como exemplo, pode-se citar, a implantação de sistemas de drenagem, considerando-se as microbacias; a instalação de fossas sépticas em terrenos adequados, utilização de materiais de pavimentação apropriados, impermeabilizando apenas superfícies necessárias; prevenção de desmatamentos desnecessários e tantas outras medidas que juntas evitam situações críticas.

Também deve-se destinar especial atenção quanto à qualidade da água dos recursos hídricos presentes na região onde serão implantados os novos assentamentos urbanos. Isto porque os diversos usos do solo, numa bacia hidrográfica, alteram as características naturais da água, quer do ponto de vista qualitativo, quer do seu regime de escoamento. Essas interferências ocorrerão como consequência da remoção da cobertura vegetal e usos diversos do solo acarretando a queda da qualidade da água o que, em última instância, sempre será prejudicial independente do uso destinado para aquela água.

A cidade de Brasília como um todo, teve como base para seus projetos iniciais todos os elementos necessários para evitar os problemas quanto à preservação ambiental que hoje já enfrenta. A área de estudo, em particular, também possui esses elementos, resta apenas que o PDOT seja respeitado quando da definição e implantação de novos assentamentos urbanos e que a consideração de aspectos ambientais seja realmente verdadeira, não fique somente no discurso e tenha a mesma ou talvez até maior importância que outros aspectos do planejamento urbano, para que o seu objetivo final continue a ser a promoção do bem estar da população, contudo, aliando a isso, a garantia de um patrimônio ambiental para as gerações futuras.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de técnicas de Geoprocessamento mostraram-se eficientes no que diz respeito à sua capacidade de instrumentalizar os agentes decisores em suas ações relacionadas ao planejamento territorial urbano.

Esta capacidade materializou-se através dos cartogramas obtidos da integração, por meio de um SIG, de diversos planos de informação, mostrando-se viável e sobretudo, eficaz, podendo gerar produtos que podem servir como subsídios às ações de planejamento e ocupação do espaço, além da elaboração de critérios que permitam a previsão de cenários futuros. No caso da área estudada, observou-se que, se certas medidas não forem tomadas com relação à crescente expansão urbana, a degradação ambiental pode agravar-se, prejudicando a qualidade do maior manancial de abastecimento de água do Distrito Federal.

Este estudo demonstrou que a expansão urbana é crescente na Bacia, processo este que vem gerando áreas de conflito na APA, uma vez que foram definidas áreas específicas para determinado uso. Observou-se, também, que essas áreas de conflito vêm se ampliando, o que em última instância traduz a deficiência dos órgãos competentes em fiscalizar o cumprimento das normas definidas para a APA.

Pelo fato de abrigar o principal manancial de abastecimento da cidade, a Bacia do Lago Descoberto é muito importante para Brasília. Por isso esta área vem se tornando alvo de constantes preocupações por parte dos órgãos do Governo do DF que vêm realizando estudos e atividades na área, procurando uma utilização otimizada dos recursos ali existentes. Infelizmente, muitas das ações previstas para a Bacia têm sido limitadas pela falta de recursos financeiros e humanos.

Porém, vale ressaltar que a Bacia do Lago Descoberto têm recebido especial atenção decorrente dos problemas que a mesma vem enfrentando, em especial a constante expansão urbana, o que em última instância, provoca a alteração do sistema natural da área. Esta atenção especial está refletida, principalmente, na preocupação do órgão de meio ambiente em realizar um rezoneamento da APA do Descoberto com a finalidade de indicar possibilidades de ocupação urbana em outras áreas da Bacia.

Juntamente com o rezoneamento, não deve ser esquecido que a sociedade também deve ser incentivada nas ações de proteção da região e na execução da prática de fiscalização das regras estabelecidas pelo zoneamento, para que os objetivos do Planejamento Integrado sejam alcançados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, R. S. A. (1991). *Expansão Urbana no Distrito Federal e o Entorno Imediato: Monitoramento por meio de dados de sensoriamento remoto*. Brasília. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) Instituto de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília.
- AZEVEDO, L.H.A. (1994). *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Integrados ao Planejamento Territorial (Métodos e Técnicas de Apoio à Gestão do Território)*. Tese de Doutorado USP.
- BARROS, M. S. S., BIANCO, D. D. e NETO Jr., O. B. (1982). *Sensoriamento Remoto na Análise da Evolução Espaço-Temporal da Estrutura Urbana*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2. Brasília. Anais. Brasília: (s.n.), p. 879-903.
- BORMANN, N. P. (1987). *Análise da Paisagem em Áreas de Expansão Urbana. Estudo de Caso: Águas Claras - Distrito Federal*. Brasília. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) Instituto de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília.
- BURROUGH, P. A. (1991). *Soil Information System*. In: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F., RHIND, D. W. *Geographical Information Systems*. Longman Scientific Technical, vol. 2, England.
- CAESB/CENEC (1985). *Plano de Proteção Ambiental do lago Descoberto: relatório final*. Brasília: CAESB. Tomo 1.
- CAMARGO, M. U. de C. e (1995). *O Sistema de Informação Geográfica (GIS) na Instrumentalização da Gestão de Recursos Hídricos/Bacias Hidrográficas*. Projeto de Desenvolvimento de Recursos Humanos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES. De 27 a 31 de março de 1995. Brasília.
- CARDIERI, F. L. G., ROSA, F. S. e BUSCHEL, E. C. G. (1988). *Monitoramento da Expansão Urbana na Região Metropolitana de São Paulo*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5, Natal. Anais. Natal. p. 22-30.
- CARTER, H. (1972). *The Study of Urban Geography*. London, Edward Arnold.
- CARTER, J. R. (1988). *Digital Representation of Topographic Surfaces*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. USA, 54 (11):1577-1580.
- CARVALHO, V. C. e AOKI, H. (1978). *Acompanhamento do Uso da Terra na Área do Distrito Federal, através de imagens MSS/LANDSAT*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, I, São José dos Campos. Anais. São José dos Campos. p. 106-117.
- CODEPLAN (1984). *Atlas do Distrito Federal*. 1ª Edição, GDF, Brasília.
- COVRE, M. & CALIXTO, R. J. (1995). *O Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro no Âmbito do Plano Nacional do Gerenciamento Costeiro*. Brasília: Programa

- Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.
- CRÓSTA, A. P.(1993). *Processamento Digital de Imagens de Sensores Remotos*. IG/UNICAMP: Campinas, SP.
- DAVIS, C., J. (1986). *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons, Toronto, Canadá.
- EASTMAN, J. R. (1992). *IDRISI for DOS, User's Guide*. 1ª edição, Clark University. Worcester.
- EITEN, G. (1993). *Vegetação do Distrito Federal*. In: NOVAES PINTO, M. (org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2ª edição, Edunb/SEMATEC, Brasília.
- EMBRAPA (1978). *Mapa de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal*. 1ª edição, SNLCS, Brasília.
- FALCOMER, J. (1994). *Alterações do Uso da Terra na Bacia do Ribeirão Rodeador-APA do Descoberto - Distrito Federal/Goiás*. Brasília Dissertação (Mestrado em Ecologia) Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília.
- FELICÍSIMO, A.M. (1994). *Parametric Statistical Method for Error Detection in Digital Elevation Models*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 49 (4): 29-33.
- FOSTER, B. C. (1985). *An Examination of Some Problems and Solutions in Monitoring Urban Areas from Satellite Platforms*. International Journal of Remote Sensing, USA, 6 (1): 139-151.
- FUNG, T. (1990). *An Assessment of TM Imagery for Land-Cover Change Detection*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28 (4): 681-684.
- FUNG, T. & CHAN, K. (1994). *Spatial Composition of Spectral Classes: A Structural Approach for Image Analysis of Heterogeneous Land-Use and Land-Cover Types*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. USA, 60 (2):173-180.
- GOBBI, C. (1989). *Sistemas de Informação Automatizados como Instrumento para o Planejamento Urbano: Uma Abordagem a Nível Municipal*. Brasília. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) Instituto de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília.
- GOES, M. H. de (1988). *Impacto Ambiental da Urbanização sobre as Áreas de Risco na Baixada de Sepetiba (RJ)*. Boletim de Geografia Teorética, Rio Claro, 18 (35-36): 39-73.
- GRIFFITH, J. J. (1989). *Zoneamento: Uma análise crítica*. Ambiente, Belo Horizonte, 3 (1): 20-25.
- HAEFNER, H. (1989). *Remote Sensing - Tematic, Methodological and Technical Perspectives*. Applied Geography and Development, Germany, 34: 68-89.

- HARIDASAN, M. (1993). *Solos do Distrito Federal*. In: NOVAES PINTO, M. (org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2ª edição, Edunb/SEMATEC, Brasília.
- IEMA/SEMATEC (1995). *Mapa Ambiental do Distrito Federal*, 1ª Edição, GDF, Brasília.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE (1990). Circular Técnica. São José dos Campos, SP.
- KRAFTA, R. (1994). *Modelling Intraurban Configurational Development*. *Environment & Planning*, 21: 67-82.
- KOFFLER, N. F. (1993). *Uso das Terras da Bacia do Rio Corumbataí, em 1990*. *Geografia*, Rio Claro, 18 (1): 135-149.
- LO, C. P. & SHIPMAN, R. L. (1990). *A GIS Approach to Land-Use Change Dynamics Detection*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. USA, 56 (11): 1483-1491.
- LOWELL, K. E. (1990). *Differences Between Ecological Land Type Maps Produced Using GIS or Manual Cartographic Methods*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. USA, 56 (2): 169-173.
- MEIJERINK, A. M. J., BROUWER, H. A. M. de, MANNAERTS, C. M., VALENZUELA, C. (1994). *Introduction to the Use of Geographic Information Systems for Practical Hydrology*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), France. Publication number 23.
- MOTA, S. (1981). *Planejamento Urbano e Preservação Ambiental*. Fortaleza, Edições UFC.
- _____ (1995). *Preservação e Conservação de Recursos Hídricos*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA (1982). *Landsat Data Users Notes*. Washington, DC, USGS, nº 23.
- NIERO, M., FORESTI, M. e LOMBARDO, M. A. (1982). *Utilização de dados LANDSAT no Monitoramento da Expansão Urbana da Grande São Paulo, em Áreas de Proteção de Mananciais*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2. Brasília. Anais. Brasília: INPE/CNPq. p. 879-896.
- NOVAES PINTO, M. (1993). *Caracterização Geomorfológica do Distrito Federal*. In: NOVAES PINTO, M. (org.). *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. 2ª edição, Edunb/SEMATEC, Brasília.
- _____ e FALCOMER, J. (1985). *Problemas Ambientais na Bacia de Drenagem do Lago do Descoberto - Distrito Federal/Goiás*. In ANAIS do XII Congresso Brasileiro de Cartografia, vol. 1, Brasília/DF: 176-185
- ORELLANA, M. M. P. (1985). *O Impacto Ambiental da Expansão Urbana no Distrito Federal*. *Boletim de Geografia Teórica*, Rio Claro, 15 (29-30): 128-140.

- PAVIANI, A. (1989) *Brasília: a metrópole em crise: ensaios sobre urbanização*. Brasília: Editora Universidade de Brasília
- PLANO DIRETOR DE ORDENAMENTO TERRITORIAL E URBANO DO DISTRITO FEDERAL - PDOT (1996). Documento de Referência: Perfil do Distrito Federal - Estudos Setoriais; Proposta do PDOT/ Instituto de Planejamento Territorial e Urbano do Distrito Federal.
- ROCHA, J.S.M. da (1995). *Área de Proteção de Osório - Morro da Borússia*. - Osório: Prefeitura Municipal de Osório; Santa Maria.
- ROSA, R. e BRITO, J. L. S. (1996) *Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação geográfica*. 1ª edição, EDUFU, Uberlândia.
- SEMA (1991). *Impacto Ambiental*. Coletânea de Legislação Ambiental. POA. Brasília/DF.
- SEMATEC/IEMA/CODEPLAN (1994). Mapa Ambiental do Distrito Federal. Brasília/DF.
- SPINELLI, J.; BORGES, L.; MENDES, C.; CAMPANA, M. (1995). *Inclusão de Variáveis Hidrológicas no Planejamento Urbano*. In: Anais do VI Encontro Nacional de Arquitetura - AMPUR - Brasília DF pp. 117-135
- TEIXEIRA, A.L.A., MORETTI, E. & CHRISTOFOLETTI, A. (1992). *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*. Rio Claro: edição do autor.
- TUCCI, C. E. M. (1993). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 1ª edição, EDUSP, São Paulo.
- TURNER, M. G. (1990). *Landscape Changes in Nine Rural Countries in Georgia*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, USA, 56 (3): 379-386.
- VALLADARES, L. P. (1980). *Habitação em Questão*. Rio de Janeiro: Zahar.
- WELCH, R., REMILLARD, M. & DOREN R. F. (1995). *GIS Database Development for South Florida's National Parks and Preserves*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, USA, 61 (11): 1371-1381.
- WANG, F. (1990). *Fuzzy Supervised Classification of Remote Sensing Images*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28 (2): 194- 201.
- WEIBEL, R. & HELLER, M. (1991). *Digital Terrain Modelling*. In: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F., RHIND, D. W. *Geographical Information Systems*. Longman Scientific Technical, vol. 1, England.
- XAVIER da SILVA, J. (1992). *Geoprocessamento e Análise Ambiental*. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 54 (3): 47-61.
- _____, SAITO, C. H., BRAGA FILHO, J. R., OLIVEIRA, O. M. & PINHEIRO, N. F. (1991). *Um Banco de Dados Ambientais para a Amazônia*. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, 53 (3): 91-124.

CARVALHO FILHO, L. M. (1990). *Sistema de Informação Geográfica: uma proposta metodológica*. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo: 609-628.

ANEXOS

Anexo A: Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP nº 001/88

considerando ser o combate aos loteamentos irregulares no Distrito Federal, iniciada com a edição do Decreto nº 8.650, de 05 de julho de 1985, meta prioritária da Administração do Governador José Aparecido de Oliveira,

considerando que compete ao Distrito Federal o exercício do poder de polícia sobre o parcelamento do solo em sua extensão territorial,

considerando o Ato Normativo nº 001/88, editado pelo MM. Juiz da Vara de Registros Públicos, Falências e Concordatas do Distrito Federal,

considerando que aludido Ato Normativo determina a exigência pelas Serventias Extrajudiciais de Notas e de Registros de Imóveis de ATESTADO DE REGULARIDADE a ser expedido pela Administração do Distrito Federal, necessário a "qualquer formalização de ato translativo da propriedade imobiliária que fracione o solo rural, sob a forma de condomínio ou que identifique a existência de loteamento de fato",

considerando que, ao lado do Provimento nº 07.85, da douta Corregedoria Geral da Justiça do Distrito Federal e Territórios, constitui o Ato Normativo nº 01/83, instrumento dos mais eficazes, editados pelo Judiciário local, contra o surgimento de loteamentos clandestinos no Distrito Federal.

RESOLVEM:

Art. 1º - Os requerimentos de ATESTADO DE REGULARIDADE deverão ser protocolizados na Secretaria de Viação e Obras, acompanhados de comprovante do recolhimento da Taxa de Expediente, prevista no art. 123 e 124, III, 2 do Decreto-Lei nº 82, de 26 de dezembro de 1966 e instruído com o mapa e documentação do imóvel objeto da transação;

Art. 2º - O ATESTADO DE REGULARIDADE será expedido somente para imóveis com área de até 20 (vinte) hectares;

Art. 3º - Instruído pela Secretaria de Viação e Obras e Administração Regional, em cuja jurisdição se encontra o imóvel, será o processo remetido à Companhia Imobiliária de Brasília para exame da documentação fundiária;

Art. 4º - Após, deverá o processo ser enviado à Procuradoria Geral onde será objeto de exame pela 5ª SPR que expedirá a Certidão Positiva ou Negativa de Regularidade;

Art. 5º - O prazo para manifestação de cada um dos Órgãos citados na presente Portaria será de 10 dias úteis.

Publique-se e cumpra-se.

Brasília, 16 de março de 1988.

CARLOS MURILO FELÍCIO DOS SANTOS

Carlos Magalhães da Silveira

Humberto Gomes de Barros

...

SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE

Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP/Nº 001/88

O SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela alínea "c", do artigo 4º, do Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973, e em cumprimento ao disposto no item I, do artigo 3º do Decreto nº 88.940, de 07 de novembro de 1983,

RESOLVE:

1 Expedir a presente Instrução Normativa-IN, que estabelece normas de implantação da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio Descoberto, visando a compatibilizar a utilização dos recursos naturais com a preservação da qualidade do meio ambiente e o equilíbrio ecológico;

2 Nos termos desta IN e para os fins previstos no Decreto nº 88.940/83 fica a APA do Descoberto dividida em 08 (oito) zonas configuradas na planta contida no tomo 2 do Relatório Final do documento denominado "Plano de Proteção do Lago Descoberto" (1985), elaborado pela Companhia de Água e Esgotos de Brasília - CAESB, a seguir especificadas:

a) Zona de Contenção de Área Rural 1 - ZCAR-1;

b) Zona de Contenção da Área Rural 2 - ZCAR-2;

c) Zona de Preservação e Recuperação - ZPR;

d) Zona de Controle Específico 1 - ZCE-1;

e) Zona de Controle Específico 2 - ZCE-2;

f) Zona de Ocupação Programada 1 - ZOP-1;

g) Zona de Ocupação Programada 2 - ZOP-2;

h) Zona de Contenção da Área Urbana - Brazlândia - ZCAU;

3 O documento de que trata o item 2, encontra-se no Centro de Documentação da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, onde poderá ser consultado.

4 A Licença Prévia (LP) para o exercício de atividades na APA do Descoberto, conforme previsto no art. 20, do Decreto nº 88.351 de 1º de junho de 1983, somente será concedida pelos órgãos competentes observadas as normas contidas nesta IN.

5 O acompanhamento das atividades desenvolvidas na APA do Descoberto, bem como o controle e a fiscalização das disposições contidas nesta IN serão exercidas pela SEMA, juntamente com os órgãos da esfera federal, estadual e do Distrito Federal, que desenvolvam atividades correlatas, mediante Convênios.

6 Para efeito desta IN adotam-se as seguintes definições:

6.1 Zona de Vida Silvestre - é a área onde a proteção é essencial, tanto para a sobrevivência de espécies da fauna e flora de biota regional consideradas vulneráveis, endêmicas ou ameaçadas de extinção, como para a manutenção de biotipos raros de significado regional, nacional ou mundial.

6.2 Zona de Contenção da Área Rural (ZCAR) - corresponde à área onde o uso do solo deve ser preferencialmente agrícola, com emprego controlado de fertilizantes e agrotóxicos, sendo proibida a implantação de novos loteamentos para chacaras de recreio; as edificações são subordinadas à existência de sistema adequado de coleta, tratamento e disposição de esgotos sanitários. A ZCAR está subdividida em Zona de Contenção da Área Rural 1 (ZCAR-1) situada no

terceiro do Distrito Federal e Zona de Contenção da Área Rural 2 (ZCAR-2), situada no Estado de Goiás.

6.3 Zona de Preservação e Recuperação (ZPR) - é a zona cujo objetivo geral é estancar o processo de degradação dos recursos hídricos e da cobertura vegetal, através da reversão e recuperação das áreas atingidas, transformando-as num espaço mais natural possível. Essa zona destina-se a usos compatíveis com a preservação e recuperação dos recursos hídricos, compreendendo a superfície do Lago Descoberto, as áreas marginais ao reservatório, delimitadas numa faixa de 125m (cento e vinte e cinco metros) de largura medidos na horizontal, a partir da linha de água máxima, e pelas faixas de no mínimo 50m (cinquenta metros) de largura, medidos na horizontal, ao longo dos tributários, conforme situação testemunhada pelo recobrimento aerofotogramétrico de 1975, escala 1:40.000, executado pela VASP Aerofotogrametria S/A, e Aeromapa Brasil S/A para a Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central - CODEPLAN, além das glebas de reservas do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA (Rc, Rh e parte da Rada Gleba I; Rf, R1, Rm e partes da Ra e Ro da Gleba 2), e pelas áreas de proteção das captações hídricas em processos de doação da Companhia Imobiliária de Brasília - TERRACAP, para a CAESB e por áreas particulares junto aos tributários Barroco e Bucanhão.

6.4 Zona de Controle Específico (ZCE) - é composta de áreas destinadas a reflorestamento, preservação e recuperação das matas ciliares ou de galeria, bem como aquelas que apresentando altos potenciais de erosão e/ou relevo acidentado. Exigem do Poder Público especial indução, para reversão de atividade adaptando-as às condições específicas do solo, do relevo e da potencialidade de erosão. A ZCE está subdividida em Zona de Controle Específico 1 (ZCE-1) e Zona de Controle Específico 2 (ZCE-2).

6.5 Zona de Ocupação Programada (ZOP) - destinada a ocupação ordenada do solo por atividades agropecuárias compatíveis com as condições edáficas. A ZOP está subdividida em Zona de Ocupação Programada 1 (ZOP-1) e Zona de Ocupação Programada 2 (ZOP-2).

6.6 Zona de Contenção da Área Urbana - (ZCAU) - área urbanizada de Brazlândia contida na APA do Descoberto.

6 Das atividades a serem encorajadas ou incentivadas, limitadas, restringidas ou proibidas, por zona, de acordo com o item I, do artigo 3º, do Decreto nº 88.940/83.

6.1 ZCAR-1

6.1.1 Atividades Agrícolas:

a) toda a atividade agrícola deverá ter projetos aprovados e cadastrados pela Fundação Zoobotânica do Distrito Federal - FZDF e pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER-DF, com homologação da SEMA ouvidos a SEMATEC e a Companhia de Água e Esgotos de Brasília - CAESB.

b) fica proibida a implantação de silvicultura com espécies exóticas.

c) fica proibida a implantação e/ou ampliação dos sistemas de canais e lagoas para irrigação, já existentes.

d) o sistema de irrigação atual deverá ser cadastrado pela Comissão de Irrigação do DF, com acompanhamento da SEMA, CAESB e SEMATEC.

6.1.2 Parcelamento/Desmembramento:

a) serão proibidos novos parcelamentos e desmembramentos das Glebas e parcelas existentes quando:

- implicar na implantação de novas vias de acesso;

- cada parcela remanescente apresente testada com dimensão inferior a 100m (cem metros);

b) será proibida a expansão, o adensamento, o parcelamento de lotes na área do Núcleo 8 do PICAG - Projeto Integrado de Colonização Alexandre de Gusmão, bem como a sua transformação em área urbana;

c) fica estabelecida a fração mínima de 25ha (vinte e cinco hectares) de área para a ZCAR-1.

6.1.3 Atividades Minerárias:

a) fica proibida a prospecção ou concessão de lavra nesta zona.

6.2 ZCAR-2

6.2.1 Atividade Agrícolas:

a) serão permitidas apenas culturas perenes e pecuária em pastagens naturais;

b) fica proibida a implantação de silvicultura com espécies exóticas nesta zona.

6.2.2 Parcelamento/Desmembramento

a) poderão ser construídas vias de acesso, partindo dos eixos viários existentes, para os novos loteamentos rurais, desde que se integrem harmonicamente à paisagem e topografia;

b) fica estabelecida a fração mínima de 15ha (quinze hectares) de área rural para a ZCAR-2.

6.2.3 Edificações:

a) serão permitidas edificações nas parcelas dos loteamentos já aprovados, se obedecido o coeficiente de aproveitamento de 0,05 (cinco centésimos), não excedendo a 200m² (duzentos metros quadrados) por lote.

6.2.4 Atividades Minerárias:

a) fica proibida a prospecção e/ou concessão de lavra nesta zona.

6.3 ZPR

6.3.1 Preservação do Lago Descoberto e Tributários:

a) será exclusivamente permitida e até estimulada, nesta zona, a silvicultura com espécies nativas, para fins de proteção e recuperação nas seguintes faixas:

- 125m (cento e vinte e cinco metros) às margens do Lago Descoberto;

- 50m (cinquenta metros) às margens dos tributários.

6.3.2 Áreas de Preservação:

a) as áreas de reservas, constantes do PICAG deverão ter destinação compatível com as finalidades de sua criação.

6.3.3 Atividades Agrícolas:

a) fica proibida a implantação de silvicultura com espécies exóticas nesta zona.

- 6.3.4 **Atividades Minerárias:**
a) fica proibida a prospecção e/ou concessão de lavra nesta zona
- 6.4 **ZCE-1**
- 6.4.1 **Atividades Agrícolas:**
a) ficam proibidas atividades que não sejam o reflorestamento, nas áreas da Companhia Imobiliária de Brasília - TERRACAP, cedidas à Florestamento e Reflorestamento - PROFLORESA.
b) fica proibido o desenvolvimento de culturas extensivas de ciclo curto e silvicultura em terrenos com declividade superior a 30% nas áreas particulares;
c) a aprovação dos projetos de reflorestamento deverá ter homologação da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, ouvidas a Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Distrito Federal - SEMATEC, e a Companhia de Água e Esgotos de Brasília - CAESB
- 6.4.2 **Parcelamento**
a) ficam proibidos os parcelamentos ou desmembramentos nesta zona
- 6.4.3 **Atividades Minerárias:**
a) fica proibida a prospecção e/ou a concessão de lavra nesta zona
- 6.5 **ZCE-2**
- 6.5.1 **Atividades Agrícolas:**
a) será incentivada a reversão das atividades agropecuárias incompatíveis com a aptidão agrícola e com o potencial de erosão do solo.
b) fica proibido o desenvolvimento de culturas extensivas de ciclo curto e olericultura em áreas com declividade superior a 30% (trinta por cento)
- 6.5.2 **Parcelamento/Desmembramento:**
a) fica proibido o desmembramento das parcelas existentes quando:
- cada parcela remanescente apresente testada com dimensão inferior a a 100m (cem metros);
- implicar na implantação de novas vias de acesso;
b) fica estabelecida a fração mínima de 20ha (vinte hectares) de área rural para esta zona.
- 6.6 **ZOP-1**
- 6.6.1 **Atividades Agrícolas:**
a) fica proibido o desenvolvimento de culturas extensivas de ciclo curto e olericultura em áreas com declividade superior a 30% (trinta por cento).
- 6.6.2 **Parcelamento/Desmembramento:**
a) a construção de novas vias de acesso, partindo dos eixos existentes deverá integrar-se harmoniosamente à paisagem e à topografia.
b) fica estabelecida a fração mínima de 15ha (quinze hectares) de área rural para esta zona.
- 6.7 **ZOP-2**
- 6.7.1 **Atividades Agrícolas:**
a) fica proibido o desenvolvimento de culturas extensivas de ciclo curto e olericultura em áreas com declividade superior a 30% (trinta por cento).
- 6.7.2 **Parcelamento/Desmembramentos:**
a) a construção de novas vias de acesso, partindo dos eixos viários existentes, deverá integrar-se harmoniosamente à paisagem e à topografia;
b) fica estabelecida a fração mínima de 15ha (quinze hectares) de área rural para esta zona.
- 6.8 **ZCAU**
- 6.8.1 **Perímetro Urbano:**
a) fica estabelecido o perímetro urbano atual como zona de Contenção, além da qual não será permitida a expansão urbana.
- 6.8.2 **Ocupação e Uso dos Lotes:**
a) todo o projeto de ocupação e uso de solo que implique em adensamento populacional, deverá ser precedido de estudos específicos que considerem os índices ótimos de aturação da área, e se condicionem à previsão das redes de saneamento básico (água, esgoto e drenagem de águas pluviais).
- 7 **Das Disposições Gerais:**
- 7.1 Ficam proibidas novas ocupações urbanas, ou loteamentos com características urbanas, em toda a APA, exceto na ZCAU.
- 7.2 A aprovação, pelos órgãos competentes, dos projetos de parcelamento ou desmembramento na APA do Descoberto, deverá ter homologação prévia da SEMA, ouvidas Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Distrito Federal - SEMATEC, CAESB e Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado de Goiás - SEMAGO (quando couber).
- 7.3 Todo loteamento, para ser aprovado, deverá obedecer a exigência da infra-estrutura de saneamento básico.
- 7.4 A construção de edificações, quando permitida deverá obedecer as normas do código de edificações local, e deverá atingir no máximo 500m² (quinhentos metros quadrados) de área construída.
- 7.5 A aprovação, pelas Administrações Regionais ou Prefeituras Municipais dos projetos de edificações nas parcelas ou lotes, deverá ter homologação prévia da SEMA, ouvidas CAESB, SEMATEC e SEMAGO, (quando couber)
- 7.6 As edificações deverão possuir fossas sépticas guardando a distância mínima de 50m (cinquenta metros) na horizontal, das margens dos cursos de água.
- 7.7 Os sistemas de coleta e disposição de águas pluviais deverão ter projetos previamente aprovados pela CAESB, com homologação da SEMA, ouvidas a SEMATEC, observados os requisitos de proteção e conservação das águas do Lago Descoberto
- 7.8 O transporte de produtos perigosos, pelas vias de acesso à APA deverá, de acordo com as Resoluções CONAMA n.ºs 005/85 e 001-A/86, ser Notificado com antecedência de 72 horas à SEMATEC, que dará conhecimento à SEMA e a CAESB.
a) quando tratar-se de produtos classificados nos termos do Decreto n.º 88.821/83, como extremamente perigosos, dependerá de autorização prévia, solicitada com antecedência mínima de 72 horas, aos órgãos de meio ambiente
- 7.9 Fica proibida a instalação de indústrias potencialmente poluidoras,

- 7.9.1 As indústrias potencialmente poluidoras, já instaladas na APA, deverão possuir equipamentos específicos que minimizem ou eliminem os elementos poluentes.
- 7.10 Na APA do Descoberto a disposição do lixo urbano, de detritos e resíduos sólidos dependerá de homologação da SEMA, mediante parecer técnico da SEMATEC e CAESB.
- 7.11 Os projetos agropecuários elaborados e cadastrados pela EMATER-DF, FZDF e EMATER-GO, deverá ter homologação da SEMA, ouvidas SEMATEC, CAESB e SEMAGO (quando couber), e deverão obedecer as normas estabelecidas para a zona, conforme a aptidão agrícola dos solos, declividade, potencial de erosão e limite de cargas poluidoras
- 7.12 Dependendo de homologação prévia da SEMA, ouvidas SEMATEC, CAESB e SEMAGO (quando couber), nos termos do §2º do artigo 6º, do Decreto n.º 88.940/83, as seguintes atividades:
- abertura de vias de manutenção;
- realização de grandes escavações;
- alteração do solo rural para urbano;
- implantação de projetos de urbanização;
- obras de terraplenagem
- 7.13 Ficam proibidas em toda a APA, atividades de suinocultura e avicultura em escala comercial.
- 7.14 Fica proibido em toda a APA o uso de agrotóxicos e defensivos agrícolas dos tipos mercuriais e organoclorados
- 7.14.1 Os fertilizantes só poderão ser usados sob prescrição e orientação técnica do órgão competente do Distrito Federal e Goiás.
- 7.15 A atividade de mineração, onde admitida, deverá ser seguida de recuperação ambiental e paisagística, sendo obrigatório o repovoamento vegetal da superfície resultante, para o qual deverá ser submetido um projeto específico.
- 7.16 Ficam estabelecidas as faixas de 125m (cento e vinte e cinco metros) às margens do Lago Descoberto e 50m (cinquenta metros) às margens dos tributários (afluentes do Lago), medidos na horizontal, de cada lado, como faixas de proteção onde será apenas permitida a silvicultura com espécies nativas, visando a proteção e recuperação.
- 7.17 Fica proibida a erradicação de vegetação nativa na faixa de 125m (cento e vinte e cinco metros) às margens do Lago, e na faixa de 125m (cento e vinte e cinco metros) às margens do Lago e na faixa de 50m, (cinquenta metros) às margens dos tributários, medidos no horizontal, de cada lado.
- 7.18 Para cada uma das zonas discriminadas deverá ser preservada o limite mínimo de 20% da área com vegetação nativa, de cada fração de área rural definida.
- 7.19 Em obediência ao artigo 4º, do Decreto n.º 88.910, fica estabelecida Zona de Vida Silvestre nos campos de murundus, matas ciliares ou de galerras e remanescentes de cerrado às margens do ribeirão das Pedras e córrego Currais na ZCE-1, às margens do Lago Descoberto e córrego Coqueiro na ZCAR-2, e às margens dos córregos Capão da Onça e Bucanhão na ZPR.
- 7.20 Atividades de pesquisa científica deverão ser estimuladas em toda a APA, após a homologação da SEMA, com apresentação prévia e projeto.
- 7.21 Os investimentos e a concessão de incentivos ou financiamentos para a agropecuária e silvicultura ficam condicionados à homologação da SEMA, ouvidas SEMATEC, CAESB, e SEMAGO (quando couber), a qual deverá observar se foram atendidas normas de conservação do solo, de forma a não comprometer os recursos hídricos da APA.

ROBERTO MESSIAS FRANCO

SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE
Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP/Nº 02,
de 22 de abril de 1988

O SECRETÁRIO DO MEIO AMBIENTE, no uso das atribuições que lhe são conferidas pela alínea "c", do artigo 4º, do Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973, e em cumprimento ao disposto do item I, do artigo 3º, do Decreto nº 88.940, de 07 de novembro de 1983,

RESOLVE:

- 1 Expedir a presente Instrução Normativa-IN, que estabelece normas de implantação da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu, visando a proteção da vida silvestre, a manutenção de bancos genéticos e espécies raras de biota regional, bem como dos demais recursos naturais
- 2 Nos termos desta IN e para os fins previstos no Decreto nº 88.940/83 fica a APA do São Bartolomeu dividida em 08 (oito) sistemas de terra, configurados na planta contida no documento denominado "Caracterização e Diretrizes Gerais de Uso da Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu", volumes I e II, escala 1:100.000 (SEMA, 1986)
- 2.1 O documento de que trata o item 2, encontra-se no Centro de Documentação da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA, onde poderá ser consultado.
- 3 A aplicação das normas de que trata esta In dar-se-á sem prejuízo das disposições previstas em leis, regulamentos e outras legislações complementares que visam a defesa do meio ambiente
- 4 A Licença Prévia (LP) para o exercício de atividade na APA do São Bartolomeu, conforme previsto no artigo 2º, do Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983, somente será concedida pelos órgãos ambientais competentes, observadas as normas contidas nesta Instrução Normativa.
- 5 O acompanhamento das atividades da APA do São Bartolomeu, bem como o controle e a fiscalização das disposições contidas neste IN serão exercidas pela SEMA, que se articulará com órgãos do Governo do Distrito Federal e Governo Federal, mediante convênios
- 6 Para efeito desta IN adotar-se-ão as seguintes definições:

Anexo B: Processo de Gestão Ambiental da APA do Descoberto