



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE

DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO COMO SUBSÍDIO AO
PLANEJAMENTO DE USO DO SOLO DA SUB-BACIA DO CÓRREGO
DO BARBADO - CUIABÁ, MT

CAMPINA GRANDE

Outubro de 2003

RAUL BULHÕES SPINELLI

**DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO COMO SUBSÍDIO AO
PLANEJAMENTO DE USO DO SOLO DA SUB-BACIA DO CÓRREGO
DO BARBADO – CUIABÁ, MT**

Dissertação submetida ao programa de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande – PB, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, na área de Geotecnia.

Campina Grande (PB), outubro de 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

**DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO DE
USO DO SOLO DA SUB-BACIA DO CÓRREGO DO BARBADO - CUIABÁ, MT**

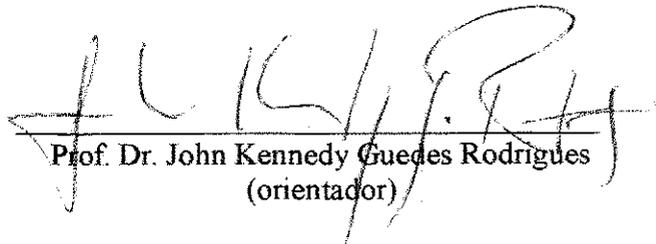
RAUL BULHÕES SPINELLI

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – PB, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL, NA ÁREA DE GEOTECNIA.

Aprovada por:



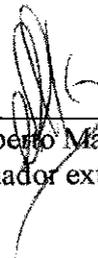
Prof. Dr. Kurt João Albrecht
(orientador)



Prof. Dr. John Kennedy Guedes Rodrigues
(orientador)



Prof. Dr. Wilson Conciani
(Examinador interno)



Prof. Dr. Carlos Alberto Marques dos Anjos
(Examinador externo)

Campina Grande, PB
Outubro de 2003

DEDICATÓRIA

À minha querida filha,
Ana Camilla.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Dr. Kurt João Albrecht e Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues, meus orientadores, por poder desfrutar das orientações firmes e graduais.

Aos professores Dr. Raimundo Leidemar Bezerra e Dr. Wilson Conciani, pelo empenho e dedicação em viabilizar esta pós-graduação em nossa cidade.

Ao casal - Professores Doutores, José de Souza Nogueira e Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pelas preciosas e relevantes contribuições na qualificação e pelo constante estímulo.

Aos Professores Doutores Antonio Brandt Vecchiato e Fernando Ximenes de Tavares Salomão, pelas informações e dicas que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas do grupo, em especial aos amigos Luis Anselmo da Silva, Geraldo Monteiro e Edelson Duarte, pela amizade e companheirismo construídos durante esta formação.

Ao geólogo Salatiel Alves de Araújo, pelas informações preciosas na elaboração dos mapas e cartas.

À professora Mestre Larissa Silva Freire Spinelli, minha querida esposa, pelo estímulo diário ao longo de todo o processo.

Aos colegas do IPDU, pelas informações e contribuições fundamentais.

SUMÁRIO

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Resumo	x
Abstract	xi
Lista de figuras	vi
Lista de tabelas	viii
Lista de abreviaturas	ix
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	01
1.1 - Problemática	01
1.2 - Justificativa	02
1.3 - Objetivos	04
1.3.1 - Objetivo geral	04
1.3.2 - Objetivos específicos	05
CAPÍTULO II	
REVISÃO DA LITERATURA	06
2.1 - As transformações do meio físico pela ação do homem	06
2.2 - População, urbanização e gestão ambiental	15
2.3 - Bacias hidrográficas: características e condicionantes	21
2.4 - Mapeamento geotécnico	31
2.4.1 - Conceitos, objetivos e aplicações	39
2.4.2 - Metodologias	39
2.4.2.1 - Metodologias internacionais	39
2.4.2.2 - Metodologias brasileiras	42
CAPÍTULO III	
MATERIAIS E MÉTODOS	48
3.1 - Fundamentação	48
3.2 - Materiais utilizados	50

3.2.1 - Levantamento de dados cartográficos e fotos aéreas	50
3.2.1.1 - Levantamento dos dados geológicos	51
3.2.1.2 - Levantamento dos dados geomorfológicos	51
3.2.1.3 - Levantamento dos dados pedológicos	52
3.2.1.4 - Levantamento dos dados climatológicos	52
3.2.1.5 - Levantamento dos dados hidrológicos	52
3.2.1.6 - Levantamento dos dados de declividade	53
3.2.1.7 - Levantamento de uso e ocupação do solo e dados censitários	54
3.2.1.8 - Levantamento fitofisiográfico	54
3.2.2 - Recursos computacionais	54
3.2.2.1 – Equipamentos utilizados	54
3.2.2.2 – Programas utilizados	55
3.3 - Método de trabalho	55
3.3.1 - Levantamento de dados existentes	56
3.3.2 - Trabalho de campo	56
3.3.3 - Produção de resultados: elaboração de produtos cartográficos	58
3.3.3.1 - Carta geológica	58
3.3.3.2 - Carta morfopedológica	59
3.3.3.3 - Carta de susceptibilidade à ocorrência de erosão	59
3.3.3.4 - Carta de susceptibilidade à ocorrência de inundação	59
3.3.3.5 - Carta de uso e ocupação atual do solo	60
3.3.3.6 - Carta de regularização fundiária	61
3.3.3.7 - Carta de viabilidade para urbanização	61
CAPÍTULO IV	
ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO	63
4.1 - Componentes urbanos	63
4.1.1 - Localização	63
4.1.2 - O processo de ocupação e urbanização na região de Cuiabá	64

4.1.3 - Aspectos populacionais	71
4.1.4 - O processo de ocupação e a articulação urbana da área de estudo com a cidade	74
4.1.5 - Legislação urbana para a área de estudo	79
4.2 - Componentes do meio físico	82
4.2.1 - Climatologia	82
4.2.2 - Geologia	84
4.2.2.1 - Grupo Cuiabá	84
4.2.3 - Geomorfologia	87
4.2.4 - Pedologia	90
4.2.5 - Flora	92
4.3 - Recursos hídricos	95
4.3.1 - Análise hidrográfica	95
4.3.1.1 - Hidrogeologia	99
4.3.1.2 - Análise das águas superficiais	102
4.3.1.3 - Análise ambiental das nascentes	110
CAPÍTULO V	
RESULTADOS	113
5.1 - Produtos cartográficos	113
5.1.1 - Carta do substrato rochoso	113
5.1.1.1 - Formação Miguel Sutil	115
5.1.1.2 - Formação Rio Coxipó	118
5.1.2 - Carta morfopedológica	119
5.1.3 - Carta de susceptibilidade à ocorrência de erosão	129
5.1.4 - Carta de susceptibilidade à ocorrência de inundação	131
5.1.5 - Carta de uso e ocupação do solo	137
5.1.6 - Carta de regularização fundiária	141
5.1.7 - Carta de viabilidade para urbanização	143
CAPÍTULO VI	
CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	146
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de estudo	65
Figura 2 -	Mapa de evolução urbana de Cuiabá	67
Figura 3 -	Mapa da densidade demográfica	70
Figura 4 -	Gráfico da população residente em Cuiabá – IPDU (2000)	73
Figura 5 -	Mapa de articulação da malha urbana com a área de estudo	77
Figura 6 -	Carta de distribuição demográfica na área de estudo	78
Figura 7 -	Carta de classificação da rede hidrográfica	97
Figura 8 -	Carta de vegetação ripária	98
Figura 9 -	Carta de níveis do lençol freático	103
Figura 10 -	Carta de localização das nascentes	112
Figura 11 -	Carta do substrato rochoso	114
Figura 12 -	Carta de topografia e hidrografia da área de estudo	123
Figura 13 -	Carta hipsométrica da área de estudo	124
Figura 14 -	Carta do material inconsolidado	125
Figura 15 -	Carta da profundidade do solo	126
Figura 16 -	Carta de declividade	127
Figura 17 -	Carta morfopedológica	128
Figura 18 -	Carta de susceptibilidade à ocorrência de erosão	130
Figura 19 -	Níveis máximos anuais do rio Cuiabá (1933 – 1990).....	132
Figura 20 -	Carta de susceptibilidade à ocorrência de inundação	135
Figura 21 -	Carta de uso e ocupação do solo – 1991	138
Figura 22 -	Carta de uso e ocupação do solo – atual	139
Figura 23 -	Carta de regularização fundiária	142
Figura 24 -	Carta de viabilidade para urbanização	145

LISTA DE FOTOS

Foto 1 -	Litofácies argilo-arenoconglomerática	116
Foto 2 -	Subcompartimento de vertente de colina, mostrando a propensão ao desenvolvimento de processos erosivos, quando desprovidos de cobertura vegetal – Loteamento Dom Bosco.....	121
Foto 3 -	Subcompartimento de embaciado, mostrando o nível d'água na superfície. Bairro Jardim das Américas, limite com o campus da UFMT	122
Foto 4 -	Intenso processo de assoreamento na porção central da sub-bacia, no Bairro Pedregal.....	129
Foto 5 -	Ocupação em área de planícies de inundação – Bairro Praeirinho	134
Foto 6 -	Danificação de pavimento viário da Avenida Arquimedes Pereira Lima	136
Foto 7 -	Contaminação das águas superficiais por esgoto <i>in natura</i> . Ocupação Castelo Branco	140
Foto 8 -	Habitação em área de preservação permanente (APP), com marcas de inundação, no Bairro Bela Vista	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Forma de uso e ocupação do solo e processos do meio físico	13
Tabela 2 -	Forma de obtenção dos atributos básicos	46
Tabela 3 -	População residente em Cuiabá – IPDU (2000)	72
Tabela 4 -	População de Cuiabá, segundo a localização – IPDU (2001)	74
Tabela 5 -	Assentamentos irregulares UEM/PMC –2001	75
Tabela 6-A	Pressão atmosférica e temperatura do ar – anos 1989 a 2002	82
Tabela 6-B	Precipitação, umidade relativa, evaporação e insolação – anos 1989 a 2002	83
Tabela 7 -	Características principais da sub-bacia	95
Tabela 8 -	Categoria dos maiores poluentes por principais fontes	104
Tabela 9 -	Alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Resolução 20 - Conama.....	105
Tabela 10 -	As grandes cheias do rio Cuiabá em Cuiabá em ordem cronológica	133
Tabela 11 -	As grandes cheias do rio Cuiabá em Cuiabá em ordem decrescente de valores	133

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	Área de Preservação Permanente;
Cetesb	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Governo de São Paulo;
CMDU	Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano;
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CPA	Centro Político Administrativo;
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais;
Emplasa	Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo;
Fema	Fundação Estadual do Meio Ambiente;
Ibama	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais;
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
IG	Instituto de Geologia;
IPDU	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano;
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo;
ONU	Organização das Nações Unidas;
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano;
PGM	Padrão Geométrico Mínimo;
PMC	Prefeitura Municipal de Cuiabá;
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento;
RIU	Relatório de Impacto Urbano;
Sanecap	Companhia de Saneamento da Capital;
Seplan-MT	Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de Mato Grosso;
UEM	Unidade Executora Municipal;
UFAL	Universidade Federal de Alagoas;
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais;
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso;
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco;
UFPR	Universidade Federal do Paraná;
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul;
UNB	Universidade de Brasília;
Unic	Universidade de Cuiabá.

RESUMO

A sub-bacia do córrego do Barbado localiza-se no perímetro urbano do município de Cuiabá. Possui área de drenagem de 917ha, com uma população aproximada de 70 mil habitantes, uma extensão de 6.920 metros entre os bairros Morada do Ouro (nascente) e Praeiro (foz) na direção NE-SW. Funciona como principal receptor de águas pluviais dos bairros Morada do Ouro, Bela Vista, Canjica, Pedregal, Jardim Leblon, Renascer, 21 de abril, Jardim Itália, Jardim das Américas, Jardim Petrópolis, Jardim Tropical, Praeirinho e Praeiro, muitos dos quais oriundos de assentamentos que desconsideraram a fragilidade do meio físico e em áreas desprovidas de infra-estrutura, acarretando intensa degradação ambiental. Verifica-se ao longo de toda a sua extensão elevado nível de assoreamento conseqüente de desmatamentos, declividade e ocupação desordenada, causado por processos erosivos (sulcos e ravinas). Outros problemas ambientais estão relacionados a esgotos e resíduos a céu aberto, poluição dos aquíferos e das drenagens, ocupação de áreas suscetíveis à ocorrência de inundação e obras civis (vias e canalização) mal planejadas. Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico da área referente a esta sub-bacia, utilizando o mapeamento geológico-geotécnico como instrumento de orientação ao planejamento do uso e ocupação do meio físico. Adotou-se uma abordagem metodológica ampla referente ao levantamento bibliográfico, à coleta de dados existentes e à posterior informação 'in loco', que permitiram uma compreensão dos impactos e das repercussões na qualidade de vida dos seus moradores. Os seguintes documentos cartográficos foram elaborados na escala 1:50.000: mapa geológico; mapa do material inconsolidado com profundidades do solo; mapas topográfico, hidrográfico e hipsométrico; carta de declividade; carta de susceptibilidade à inundação; carta de susceptibilidade à erosão; mapa de regularização fundiária; mapa do comportamento do nível do lençol freático; mapa de uso e ocupação do solo e carta de viabilidade para urbanização. A partir da análise e avaliação dos atributos do meio físico e dos produtos cartográficos foram recomendadas diretrizes básicas para a restauração, a recuperação e a reabilitação desta sub-bacia.

Palavras-chaves: Mapeamento Geotécnico - Planejamento Urbano - Bacia Hidrográfica

ABSTRACT

The sub-basin of the Barbado's stream is situated in the urban perimeter of Cuiabá's town. It has a draining area of 917 ha, with a population estimated close to 70 thousands habitants, an extension of 6.920 m between the districts of Morada do Ouro (fountain) and Praeiro (the mouth of the stream) towards NE-SW. It works like a main receptor of the rainy waters of the following districts: Morada do Ouro, Bela Vista, Canjica, Pedregal, Jardim Leblon, Renascer, 21 de Abril, Jardim Itália, Jardim das Américas, Jardim Petrópolis, Jardim Tropical, Praeirinho and Praeiro, which many of them are originated from illegal fixation of residences that hadn't taken in consideration the environmental fragility and either the lack of infrastructure, producing an intense environmental degradation. It can be observed along to its whole extension high levels of erosion as consequence of deforestation, declivity and disorganized occupation of land, caused by erosive process (grooves and ravines). Others environmental problems are related to the sewage and residues in opening areas, pollution of the aquifers and the draining, occupation of susceptible areas to overflowing occurrence and civil engineering (ways and channels) bad planned. The mainly objective of this study has been to make a diagnosis of the areas concerned to this sub-basin using the geotechnic-geologic mapping as instrument of orientation to the planning of the environmental use and occupation. It had been adopted a wide methodological approach concerning to the bibliography, to the existent data collection and even to the posterior information "*in loco*" that allowed to comprehend the impacts and the repercussions in the quality life of the habitants. The cartographic documents have been elaborated in a scale of 1:50.000: geologic map; map of the inconsistent material with soil depth; topographic, hydrographic and hypsometric maps; map of declivity; map of the susceptibility to overflowing occurrence; map of the susceptibility to erosion occurrence; map of the landed property regularization; map of the behavior of the ground waters, map of the soil use and occupation and map of the viability of urban development. From the analysis and the valuation of the environmental characteristics and even of the maps resulted from the research, it had been suggested basic guidelines to the restoration, recuperation and rehabilitation of this sub-basin.

Key-words: Geotechnic Map – Urban Planning – Hydrographic Basin.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - Problemática

No Brasil, conforme o censo demográfico do IBGE (2000), 81,2% da população vive em áreas urbanas. Desse total, 2/3 vivem em regiões metropolitanas. Em função desse crescente, acelerado e aparentemente irreversível processo de urbanização observado em todo o território brasileiro – acarretando danos irreparáveis às cidades e contribuindo para a instabilidade social de seus habitantes –, agravam-se inúmeros problemas tanto geotécnicos como socioeconômicos e ambientais.

O planejamento urbano, visando ao uso e à ocupação do território, de maneira geral, não tem considerado as limitações ou potencialidades impostas pelo meio físico. Desta forma, uma grande parte dos municípios do Brasil apresenta problemas de degradação de suas áreas urbanas.

A abordagem correta de gestão para esse fenômeno deve envolver a sociedade e, em especial, as instâncias governamentais, tendo-se em vista a economia de recursos investidos por meio da prevenção de problemas futuros, pois a prevenção garante a aplicabilidade de soluções mais adequadas e otimizadas, principalmente em regiões metropolitanas ou em metropolização.

1.2 - Justificativa

Decorre disso a importância fundamental de um processo de desenvolvimento urbano para a nossa sociedade. Devem planos urbanísticos propriamente concebidos e traçados, obedientes aos princípios do desenvolvimento sustentável, definir de forma imutável, a forma do uso e ocupação dos espaços urbanos, e respeitar as características do meio físico, de modo que representem para as cidades uma garantia do bem-estar de seus habitantes. O uso do solo é aqui entendido como as diversas formas de intervenção do homem no meio, visando a atender às suas necessidades de vária ordem: urbanas, agrícolas, industriais etc. Essas intervenções tanto podem resultar em benefícios como em problemas.

As características do meio físico nos seus aspectos geomorfológicos (formas e dinâmicas do relevo), geológicas (tipos litológicos, modos de ocorrência, estruturas, processos geodinâmicos externos e internos) e geotécnicos (características dos terrenos, propriedades dos solos e rochas) são os principais fatores que condicionam os reflexos decorrentes da ocupação do solo nas áreas urbanas. São importantes na determinação das potencialidades que orientam investimentos econômicos, proporcionando o desenvolvimento da região sem a degradação do meio ambiente e a descaracterização da população local. Os anseios desta devem orientar a forma e o ritmo da implementação destas propostas e projetos.

Entre os processos resultantes da ocupação urbana inadequada, potenciada pelas características do meio físico, destacam-se os seguintes: a erosão e o assoreamento, o movimento de massa (estabilidade de taludes - escorregamentos), as subsidências e os colapsos de solos, a degradação e o esgotamento dos recursos hídricos, a inundação e os recalques, as enchentes, a contaminação por disposição de resíduos (rejeitos), a degradação do solo. Ocorrem, na maioria das vezes, com a ocupação desordenada atuando como acelerador e representam graves problemas para boa parte das grandes cidades brasileiras, consumindo vultosos recursos. Além disso, não raro, colocam em risco a vida de parcela da enorme população urbana.

O crescimento populacional e econômico no século XX, de forma geral, levou à exploração predatória dos recursos naturais, particularmente dos recursos hídricos. Nesse contexto, o estudo da bacia de drenagem tem se tornado muito importante, visto que a água

apresenta-se cada vez mais como fator limitante do desenvolvimento harmônico da sociedade humana, dependendo a qualidade dessas águas das condições geológicas e geomorfológicas dos solos da região, da cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e das ações do homem.

O manejo inadequado das bacias de drenagem, principalmente no que diz respeito ao lançamento de cargas nos sistemas hídricos, à alteração do uso do solo urbano e rural e às modificações no sistema fluvial, causam efeitos destrutivos, levando a degradação à região por meio da poluição das águas, enchente e erosão acelerada. Tal situação aumenta o custo do desenvolvimento e diminui a qualidade de vida não apenas na bacia degradada, como também nas regiões vizinhas a jusante, demonstrando a interdependência existente entre as bacias adjacentes, o que exige visão integrada do planejamento socialmente responsável.

Este quadro expõe, objetivamente, a necessidade de se conhecerem as características dos terrenos e seu comportamento ante as solicitações próprias de seu uso urbano. Consiste o meio físico no componente ambiental mais resistente às modificações impostas pela ocupação. Mesmo alterado em suas características e processos originais, persiste interagindo e condicionando grande parte dos problemas do ambiente construído.

O planejamento urbano deve partir das limitações e das potencialidades dos recursos naturais pertencentes ao meio físico, biótico e às condições socioeconômicas. Precisa estar associado à preocupação com o meio e à qualidade de vida. Urge assim que o poder público, os empreendedores, a população se conscientizem da necessidade de criar instrumentos para um melhor entendimento das formas de uso e ocupação do solo em sua relação com os processos do meio físico, a fim de serem adotadas medidas mais eficazes na prevenção e correção desses problemas.

Como uma das ferramentas objetivas de visualização integrada das características geológicas, geomorfológicas, geodinâmicas, hidrogeológicas e do uso atual e previsto do solo, tem-se a cartografia geotécnica, a qual fornece subsídios para o estudo dos recentes e possíveis desequilíbrios provocados no meio.

Outrossim, de há muito se conhece, na geologia de engenharia, a importância da cartografia geotécnica como mecanismo de interpretação e sintetização das características do

meio físico, prevendo-se suas possíveis respostas à utilização humana por meio da integração de diversos dados de interesse.

A cartografia geotécnica não pretende substituir estudos específicos, mas orientar com clareza as investigações que antecedem a novos projetos. Pode contribuir, sobremaneira, para que os planos diretores municipais sejam mais bem embasados e reflitam melhor as condições que os diversos tipos de terreno oferecem e exigem para a construção e para a vida das cidades. Essas informações devem ser utilizadas na execução da política de planejamento urbano.

Dentro desse contexto, a sub-bacia do córrego do Barbado, localizada no perímetro urbano do município de Cuiabá, foi escolhida como área de estudo para esta pesquisa por apresentar um estágio avançado de ocupação que, predominantemente, não tem respeitado as limitações do meio físico como um todo, ocasionando diversos problemas de ordem ambiental, resultado do intenso desmatamento, da contaminação dos recursos hídricos, do incremento de processos erosivos e, por consequência, do assoreamento. Esse quadro expõe, diretamente, a população que ocupa as áreas de preservação permanente a um eminente risco de morte devido à ocorrência de eventos pluviométricos de maior intensidade e da contaminação sistêmica de seu leito por esgotos sanitários não tratados e despejos de lixo urbano.

1.3 – Objetivos

1.3.1 - Objetivo Geral

O trabalho teve como objetivo geral realizar um diagnóstico da área da sub-bacia do córrego do Barbado (Cuiabá/MT) por meio de mapeamento geológico-geotécnico, visando a formular diretrizes e recomendações para a mitigação dos impactos e conflitos gerados pela ocupação inadequada do meio físico e para orientação do poder público no planejamento do uso e ocupação do solo.

1.3.2 - Objetivos Específicos

Deveu-se assim proceder aos seguintes trabalhos:

- i. Analisar e avaliar os atributos do meio físico;
- ii. Desenvolver um diagnóstico integrado dos dados levantados, com caracterização e avaliação dos conflitos existentes entre a ocupação atual e futura, de um lado, e aptidões do meio físico, de outro;
- iii. Mostrar a importância do mapeamento geológico-geotécnico como instrumento de visualização integrada das características geológicas, geomorfológicas, geodinâmicas, hidrogeológicas e do uso atual e previsto do solo;
- iv. Elaborar produtos cartográficos de síntese na escala 1:50.000: mapa geológico; mapa do material inconsolidado com profundidades do solo; mapa topográfico; mapa hidrográfico; mapa hipsométrico; carta de declividade; carta de susceptibilidade à inundação; carta de susceptibilidade à erosão; mapa de regularização fundiária; mapa do comportamento do nível do lençol freático; mapa de uso e ocupação do solo e carta de viabilidade para urbanização;
- v. Avaliar as condições ambientais das nascentes do córrego do Barbado;
- vi. Avaliar a qualidade físico-química e bacteriológica das águas superficiais da sub-bacia;
- vii. Estabelecer diretrizes gerais e recomendações para orientar o uso e a ocupação do meio físico e minimizar os conflitos existentes;
- viii. Promover a divulgação dos resultados obtidos, visando à orientação e à capacitação dos múltiplos usuários do projeto.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - As transformações do meio físico pela ação do homem

O estudo do meio físico no contexto da evolução do homem implica a adoção de um referencial de conceito:

Entende-se por meio físico o conjunto do ambiente definido pela interação de componentes predominantemente abióticos, quais sejam, materiais terrestres (solos, rocha, água, ar) e tipos naturais de energia (gravitacional, solar, energia interna da Terra e outras), incluindo suas modificações decorrentes da ação biológica e humana (FORNASARI FILHO et al., 1992).

O meio físico, com destaque aos seus elementos de natureza geológica, é a parte do meio ambiente constituída pelos materiais rochosos e inconsolidados, as águas e o relevo, que se encontram combinados e arrançados em espaços tridimensionais multiformes. VECCHIATO (1993) relata que tal diversidade em termos de combinação e arranjo decorre da ação de processos naturais responsáveis pela origem dos materiais considerados e do comportamento dinâmico do meio físico condicionado pela ação do intemperismo: erosão, transporte e deposição, comportamento das águas e características do relevo. VECCHIATO (op.cit.) mostra ainda que, nas regiões tropicais, esses processos são muito intensos e o produto final, isto é, o arranjo tridimensional presente, resulta da interação das condições climáticas com os materiais rochosos. Diferentes suscetibilidades ao intemperismo físico e químico, além dos níveis de encaixe dos sistemas de drenagem, são variáveis interferentes no fenômeno.

O processo de evolução do planeta em relação a sua superfície tem sido marcado por complexas manifestações de natureza geológica, que podem ser dividida em duas ordens: uma endógena e outra exógena. A primeira se manifesta na dinâmica interna através de forças e materiais do interior da crosta (vulcões e episódios sísmicos); a segunda na dinâmica externa, através da interação entre a própria crosta e os agentes de superfície, responsáveis por intensas modificações das rochas, originando os solos e promovendo erosão e conseqüente assoreamento. Já ALMEIDA et al. (1998) observam que as forças endógenas originam e amplificam novos relevos e depressões, e as exógenas tendem a nivelar a superfície do planeta pelos fenômenos de erosão e sedimentação. A dinâmica externa e a interna constituem processos antagônicos que, desde os mais remotos tempos geológicos, mantêm a superfície da Terra em permanente evolução.

PRANDINI et al. (1991) afirmam que para a compreensão de tal dinâmica o fator tempo tem papel fundamental, já que a velocidade dos muitos processos varia localmente e ao longo de cada peculiar evolução. Há que se considerar também os agentes, os condicionantes e os mecanismos de sua atuação e o inter-relacionamento entre os próprios processos.

DREW (1998) relata que os sistemas naturais mudam com o tempo, porém em longa duração (alterações climáticas, abertura de vales, colonização de vegetais). Os sistemas naturais parecem estáticos na sua maioria, mas tal situação é apenas aparente, já que na realidade os sistemas oscilam em torno de uma situação média, estado conhecido como "equilíbrio dinâmico".

De acordo com ALMEIDA et al. (op.cit.), todos os sistemas naturais possuem um elo mais suscetível a mudanças na cadeia de causa e efeito: um ponto em que o mínimo acréscimo de tensão traz consigo alterações no conjunto do sistema. Uma intervenção humana deliberada, ocorrendo naqueles pontos vulneráveis ou de alavanca do meio físico, fará com que um mínimo de esforço produza o máximo de resultados. Em tese, é muito mais fácil chegar-se à alteração da biosfera por mudança na vegetação, como o desmatamento, do que alterando os outros fatores interdependentes do solo ou do clima.

Embora todos os sistemas sejam cadeias com elos de força variável, também acontece de alguns sistemas naturais se desintegrarem com maior facilidade do que outros, com uma rápida e irreversível modificação em seu todo. Nesse sentido, ALMEIDA et al. (op.cit.)

considera a abordagem sistêmica como uma das maneiras de se compreender os sistemas naturais. No contexto de interferência humana no ambiente, essa abordagem pode servir como meio de previsão das mudanças, de avaliação de sensibilidade dos sistemas naturais e de determinação dos pontos de interferência e dos limiares de sistema que poderão ser modificados através de impactos ambientais. As conseqüências dessas alterações inadvertidas depende, em primeiro lugar, do esforço (ou tensão) aplicado ao sistema pelo homem e, em segundo lugar, do grau de suscetibilidade à mudança (sensibilidade) do próprio sistema.

Atualmente a transformação do meio físico vem sendo fortemente marcada, ao menos na dinâmica externa, pela ação do homem em seu processo civilizatório, desencadeando intervenções que hoje suplantam quantitativa e qualitativamente os efeitos de agentes geológicos como o vento, as águas, a ação biológica de outros seres vivos e os próprios vulcões e terremotos. Neste sentido, observa PRANDINI et al. (1991), o homem, ao continuar tentando a qualquer custo moldar o ambiente em função de seus interesses mais imediatos, contando com recursos tecnológicos exponencialmente mais poderosos, desencadearia, de forma direta e indireta, modificações profundas que já começam a atingir toda a superfície do planeta.

Segundo PELOGGIA (1997), a ação do homem sobre o meio físico (em termos de formas, processos, formações e depósitos superficiais do ambiente morfogeológico) pode gerar conseqüências relativas a três níveis de ação, cujos processos são denominados tecnogênese.

O primeiro atua na modificação do relevo e sobre as alterações fisiográficas na paisagem, principalmente através de retificações de canais pluviais, terraplanagem, voçorocas, áreas erodidas, áreas mineradas etc.

O segundo atua, essencialmente, em alterações na fisiologia das paisagens, através dos processos geomórficos, pedogênicos e sedimentares atuais, intensificando ou modificando os eventos da dinâmica externa, proporcionando entre outros, um incremento da erosão e da carga sedimentar correlativa, escorregamentos em geral, infiltração e drenagem fluvial.

Dentro desse contexto, AB SABER (1969) relata que “(...)evidentemente, variações sutis de fisiologia podem ser determinadas por ações antrópicas predatórias, as quais na maior parte dos casos é irreversível em relação ao metabolismo primário do meio natural”.

O terceiro processo está relacionado à criação de depósitos superficiais correlativos, comparáveis ao quartenário (os depósitos tecnogênicos), os quais vão se constituir em marcos estratigráficos. Este caráter é indiretamente ressaltado por FANNING & FANNING (1989), citado por PINHO (2001):

Do ponto de vista de gênese dos solos, a destruição e formação de solos pelo homem, pela grande manipulação física de materiais terrosos, são eventos catastróficos que criam novos pontos de partida para a formação dos solos.

As intervenções do homem no meio físico suscitam a criação de novas formas de relevo e modificações nos processos geomorfológicos, como intemperismo, erosão e deposição de rejeitos. Caracterizam-se como processos antropogênicos diretos (atividades construtivas, escavações e mineração e interferências hidrológicas) e indiretos (aceleração da erosão e sedimentação, subsidências, movimentos de massa, geração de sismos), práticas que vêm crescendo de forma exponencial ao longo das últimas décadas (GOUDIE, 1990).

Os processos de dinâmica superficial sofrem fortes alterações devido a quase todas as atividades do homem: movimentação e desestruturação dos terrenos geológicos, alteração no escoamento das águas de superfície e de sub-superfície, impermeabilização do solo, remoção ou destruição da cobertura vegetal, introdução de substâncias e elementos químicos etc.

HOLL (1998) relata que as ações antrópicas são impulsionadas por necessidades originadas do modo de vida vigente, e modeladas por aspectos políticos, econômicos, culturais e sociais, os quais caracterizam essas ações. Isso indica que a ação antrópica pode ser analisada segundo muitos enfoques, mas como elemento de análise em produtos geotécnicos a ação antrópica deve ser investigada conforme suas formas de uso e ocupação do meio físico, as quais são interpretadas conforme seu impacto ambiental e demanda por espaços e recursos naturais.

Segundo CARVALHO et al. (1998), este é um desafio que chegou para ficar, exigindo uma contribuição crescente dos ramos afetos da Geologia, em particular a geologia de recursos minerais, a hidrogeologia, além da geologia de engenharia. Na edificação da cidade, o terreno é solicitado, temporária ou permanentemente, de formas muito variadas. Estas solicitações agrupam-se em três grandes categorias:

- i. Alteração do estado de tensão;
- ii. Alteração do regime hidrológico;
- iii. Alterações diversas em outros parâmetros de qualidade ambiental.

No primeiro grupo, incluem-se as alterações ditadas por operações de terraplenagem e escavações, tanto mais volumosas quanto maior a cidade e mais ondulado o relevo, cabendo assinalar que uma cidade pequena evita ou contorna o obstáculo, enquanto uma grande, ou engrandecente, desafia-o, transpondo-o ou removendo-o.

A execução de aterros em terrenos baixos, mudando o estado de tensão nas partes soterradas, pode conduzir à ocorrência de acidentes graves, quando sobre formações geológicas de baixa consistência. A execução de taludes de escavação gera ou incrementa tensões de cisalhamento no maciço remanescente, podendo provocar escorregamentos. (Aliás, o meio urbano é particularmente traiçoeiro, porque os taludes costumam ser escavados em etapas diversas por agentes diversos, sem coordenação, e sem clareza das reais condições de estabilidade após a intervenção final.)

CARVALHO et al. (op.cit.), observam que as escavações para a canalização de cursos d'água, trincheiras, metrô e grandes edifícios geram mudanças temporárias no estado de tensão dos maciços, podendo promover o levantamento dos fundos das cavas, ruptura dos taludes ou fechamento das seções, antes que sejam executadas as obras complementares previstas. A execução de galerias, túneis e cavernas provocam drásticas e complexas mudanças do estado de tensão no terreno envolvente, podendo conduzir a rupturas catastróficas, a uma vigorosa drenagem do maciço envolvente ou a recalques de variada amplitude na superfície. Esforços transmitidos pelos edifícios ao terreno, através dos

elementos de fundação, geram recalques, que podem ser previstos e controlados. Imprevistos decorrentes de estudo inadequado do terreno de fundação podem provocar recalques maiores que os calculados, podendo alcançar amplitude capaz de danificar o edifício e leva-lo à ruína.

No segundo grupo, alteração do regime hidrológico, o bloqueio à infiltração nas áreas urbanas tem efeito equivalente ao de uma vigorosa drenagem: à falta de suprimento, o nível freático sofre rebaixamento. As conseqüências desta alteração são muitas, podendo causar prejuízos diretos ou indiretos, quer para a economia, quer para o meio ambiente. Estas conseqüências são, entre outras:

- i. Esgotamento de cacimbas ou cisternas, e de poços tubulares de pequena profundidade;
- ii. A retomada de recalques de edifícios antigos e a danificação de tubulações feitas de componentes rígidos em terrenos pouco consistentes;
- iii. No período chuvoso, pelo bloqueio à infiltração, subutiliza-se a capacidade de armazenamento do espaço poroso em benefício do escoamento imediato, aumentando a carga sobre o sistema de escoamento pluvial e conduzindo a transbordamentos e alagamentos locais.

A concentração de drenagem, típica do assentamento urbano, submete os leitos naturais a solicitações muito maiores que aquelas sob as quais tinham adquirido seus perfis de equilíbrio e respectivas seções. A ela associam-se remoções de rugosidades e reduções de percursos. Com isto, ampliam-se caudais de pico e encurtam-se tempos de concentração, alimentando a erosão, o assoreamento e a freqüência de alagamentos e inundações locais por período chuvoso normal.

Finalmente, o meio físico, envolvendo a cobertura vegetal, como expressão física visível do terreno, pode ser solicitado de diversas formas em seu papel consumidor, depurador ou neutralizador de substâncias estranhas (qualitativa ou quantitativamente) ao ambiente natural: esgoto doméstico e industrial; lixo doméstico, hospitalar, industrial e comercial; substâncias aeriformes incorporadas à atmosfera, poluição termal veiculada pelo ar (ilhas de calor) e pela própria água.

DREW (1998) afirma que o homem é hoje o mais poderoso agente individual de modificação das características naturais da superfície terrestre, e que essas modificações ocorrem com maior intensidade nas áreas urbanas. Para ele,

As áreas urbano-industriais representam a mais profunda modificação humana da superfície da Terra, da atmosfera e do ecossistema terrestre. Ao contrário dos efeitos da atividade agrícola, os efeitos urbanos são altamente intensivos e localizados. Virtualmente, todos os aspectos do ambiente são alterados pela urbanização e industrialização, inclusive o relevo, o uso da terra, a vegetação, a fauna, a hidrologia e o clima. (DREW, 1998).

Vários autores mostram que a aceleração da expansão urbana tem revelado problemas de considerável gravidade, originados da quase completa desconsideração dos fatores fisiográficos. Esta expansão se dá hoje sob a ótica quase exclusiva das razões especulativas de mercado que vêm ignorando as reais potencialidades e limitações das áreas a serem ocupadas. Isto acaba determinando a ocupação de regiões e locais extremamente problemáticos.

Os processos resultantes da ocupação urbana inadequada associada às características do meio físico são freqüentemente investigados na literatura contemporânea. Nesse sentido, ALMEIDA et al. (1996) observam que os processos mais comuns, com a ocupação atuando como acelerador, são:

- i. Processos erosivos, na forma de ravinas e boçorocas, através de desmatamentos, lançamento e concentração de águas superficiais, pluviais ou servidas, execução de sistema viário, implementação de loteamentos residenciais e industriais;
- ii. Escorregamentos pela remoção da cobertura vegetal, lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas, vazamentos na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas, execução de cortes com geometria incorreta (altura/inclinação), execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação) e lançamento de lixo nas encostas/taludes;
- iii. Inundações, quando não são adotadas medidas de elevação de terrenos (aterros), sendo que os sistemas de drenagem urbana diminuem o tempo de escoamento das águas e estas chegam mais rápido aos cursos d'água a jusante, além do lixo lançado

diretamente nos córregos, que se acumulam e se associam aos sedimentos da erosão urbana, causando assoreamento das drenagens;

- iv. Poluição dos aquíferos, pela ocupação nas suas proximidades em sua maior parte por favelas e sistema de autoconstrução, em que não há disponibilidade de infra-estrutura (em especial, coleta e tratamento dos efluentes e resíduos sólidos urbano-industriais), gerando risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, utilizadas para abastecimento.

Segundo os autores, as formas de ocupação e suas principais conseqüências no desencadeamento de problemas relativos ao meio físico são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1
Formas de uso e ocupação do solo e processos do meio físico¹

PRINCIPAIS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	PROBLEMAS/PROCESSOS DO MEIO FÍSICO
Cobertura vegetal natural	Inclui áreas cobertas principalmente por mata e capoeira. Nas áreas urbanas encontram-se em áreas restritas, onde o relevo é mais energético, ou nas áreas de preservação.	Esta forma de uso exerce ação protetora em relação aos processos de movimentos de massa.
Reflorestamento	Áreas de recomposição da cobertura vegetal, em sua maioria para fins econômicos.	Atua de maneira semelhante às matas, diferenciando-se quanto ao manejo.
Campo antrópico/pastagens	Áreas onde predominam vegetação herbácea, com alguns arbustos e árvores esparsas. Localizam-se próximo às áreas rurais ou de expansão urbana.	Quando em relevo mais movimentado e em casos de exposição do solo, podem ocorrer processos erosivos.
Áreas agrícolas	Áreas destinadas a cultivos perenes ou temporários (ciclo estabelecido). Nas áreas urbanas destacam-se a horticultura e as chácaras rurais (que destinam parte dos lotes a pequenos cultivos).	Possibilidade de ocasionar ou agravar processos erosivos quando há exposição dos solos, e em situações com concentração da drenagem superficial, com conseqüente assoreamento dos cursos d'água. Também o manejo inadequado do solo e o uso intensivo de fertilizantes e pesticidas podem gerar poluição dos recursos hídricos, perda de fertilidade do solo e esgotamento do solo por determinadas culturas.

¹ ALMEIDA, M.C.J. e FREITAS, C.G.L. Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes. In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica. 2. Anais. p.195-200, São Carlos, SP, novembro/1996.

Área urbana consolidada	Caracteriza-se por ser densamente ocupada, e pela disponibilidade de infra-estrutura básica e equipamentos, atividades de comércio e serviços, etc.	Por serem áreas com pouca exposição do solo e bastante impermeabilizadas, possibilitam maior escoamento superficial, e concentração das águas, estrangulando alguns sistemas de drenagem, e intensificando as inundações e os alagamentos.
Área urbana em consolidação	Constitui áreas com densidade de ocupação média/alta, apresentando ainda alguns vazios urbanos, e infra-estrutura e equipamentos restritos. Destacam-se nessas áreas grandes loteamentos e sistemas de auto-construção.	Na fase de implementação de loteamentos, os solos são expostos à erosão. A implementação parcial da infra-estrutura (drenagem e pavimentação), com a concentração e o lançamento de águas da chuva e servidas, favorece a ocorrência de boçorocas. Ocorre também o assoreamento das drenagens por resíduos urbanos (lixo, materiais de construção, etc), e inundações e problemas de saneamento.
Área urbana parcelada	Corresponde à ocupação periférica de densidade média/baixa, caracterizada por loteamentos em implementação, destinados à classe social menos favorecida, em que há falta de infra-estrutura e equipamentos urbanos.	Os problemas são semelhantes aos anteriores, porém com maior grau de intensidade.
Favelas	Habitacões precárias, instaladas ao longo dos córregos ou em encostas, sem infra-estrutura básica (saneamento de água, esgotos, etc.).	Nas encostas, o lançamento de lixo e de águas servidas causam instabilidade com possibilidade de escorregamentos. Nas baixadas, poluição dos córregos com lixo e lançamento de águas servidas, assoreamento e inundação.
Mineração	Compreende os vários tipos de extração mineral (areia, argila, turfa, brita, calcário etc.) em suas diferentes formas de desmonte (hidráulico, mecânico e com explosivos). Podem estar em atividade ou não.	Estas atividades ocasionam devastação no local e em áreas adjacentes, expondo os solos a processos erosivos; assoreamento dos cursos d'água; poluição química das águas pelos materiais em suspensão; poluição atmosférica (gases); sonora (explosivos) e dos solos (disposição de rejeitos).
Áreas industriais	São especificadas quanto aos tipos de atividade que possam causar danos ao meio, como por poluentes atmosféricos, do solo e hídricos.	Na fase de implementação, expõem extensas áreas à erosão; no seu funcionamento podem provocar poluição dos recursos hídricos por lançamento direto dos rejeitos, poluição atmosférica e do solo.
Disposição de resíduos	Locais para destinação final do lixo urbano, na forma de aterro controlado.	Se não executados com critérios e conforme normas específicas, podem ocasionar poluição do solo, das águas superficiais e do lençol subterrâneo.
Gasodutos/oleodutos	Sistema de dutos para transporte de petróleo e derivados a grandes distâncias.	Na execução da obra em terrenos de relevo mais movimentado, podem induzir à ocorrência de escorregamentos. No funcionamento, apresentam riscos de explosão, vazamentos.
Sistema viário	Vias de comunicação na malha urbana ou para ligação entre áreas mais distantes (rodovias, ferrovias).	Para sua implementação ocasionam desmatamentos com desencadeamento de movimentos de massa. A concentração e o lançamento inadequado das águas superficiais de drenagem de rodovias podem intensificar estes processos erosivos (boçorocas, corridas de massa).

A limitação imposta pelo meio físico é freqüentemente menosprezada ou enfrentada de modo ineficaz, o que acarreta obras de alto custo e, ainda assim, de desempenho precário e insuficiente. Também se deve considerar como fator negativo, a atuação do meio técnico no enfrentamento dessa questão. Sistemáticamente tenta-se amoldar a natureza a seus projetos ao invés de adequar os seus projetos à natureza dos terrenos.

Neste contexto, é de fundamental importância, dentre outras medidas, o aperfeiçoamento das diretrizes para futuras intervenções. Isto implica a adequação das atuais normas que, numa primeira instância, visem aos estudos de localização de novas ocupações, de forma clara e descrita com minuciosidade, de modo a evitar, futuramente, os altos custos e as dificuldades tecnológicas a envolver, visando à plena recuperação de áreas degradadas.

ALMEIDA e FREITAS (1996) ainda mostram que o crescimento urbano-industrial precisa estar associado à preocupação com o meio ambiente e à qualidade de vida. Assim, urge que o poder público, os empreendedores e a população se conscientizem da necessidade de elaboração de instrumentos que possibilitem melhor integração entre as formas de uso e ocupação e os processos do meio físico, para que sejam adotadas medidas mais eficazes de prevenção e correção destes problemas.

2.2 - População, urbanização e gestão ambiental

De acordo com dados apresentados durante a Segunda Conferência Mundial sobre os Assentamentos Humanos – Habitat II, Nações Unidas, 1996 e do Relatório de desenvolvimento humano, 1996, do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, o mundo vem se tornando predominantemente urbano. Contrastando com os 37,73% da população mundial que em 1975 habitavam em assentamentos humanos urbanos, em torno do ano de 2005, com o salto estatístico da urbanização, esse percentual ultrapassará os 50% e, em 2025, este será 61,07% dos cerca de seis bilhões de habitantes do globo. Na América Latina, o percentual já era de 61,32% em 1975, saltou para 76,51% no ano 2000 e atingirá, vinte anos depois, 84,67%. No Brasil, os saltos previstos são de 61,15% para 81,21% e 88,94%, respectivamente. Desse total 2/3 vivem em regiões metropolitanas.

A questão populacional associada à urbanização e ao meio ambiente está despontando rapidamente como um dos maiores desafios para legisladores, pesquisadores, ambientalistas e agentes públicos.

Vários estudos mostram que, nas últimas décadas, a urbanização acelerada e desordenada, a concentração da população e das atividades econômicas no espaço e os padrões tecnológicos da produção industrial, têm reforçado um quadro ambiental altamente degradado em consequência de um estilo de desenvolvimento que leva ao uso predatório dos recursos naturais. As cidades estão no cerne dessa questão: enquanto centros de produção e consumo são grandes exploradores de recursos naturais como água, combustíveis fósseis e terra agricultável concentrando os problemas mais sérios de degradação ambiental.

No processo de crescimento populacional, predomina amplamente a interpretação neo-malthusiana: costuma se entender que existe uma relação quase linear entre crescimento demográfico e pressão sobre recursos. Nesse contexto, observa MARTINE (1993):

O tamanho e o crescimento da população afetam, sem dúvida, o equilíbrio ambiental em nível mundial assim como em nível de muitos países e regiões. Os grupos e povos mais pobres são, de fato, os que crescem mais rapidamente. A relação população/meio ambiente é radicalmente diferente se o planeta é povoado por cinco bilhões de habitantes ou se é habitado por quinze bilhões de pessoas.

ROLNIK e SAULE JÚNIOR (1998) relatam que a intensidade e as características da urbanização em todo o mundo geraram dois grandes problemas neste princípio de século: a questão urbana e a questão ambiental. A deterioração ambiental seja da cidade, seja do campo, é problema antigo e sempre existiu na história da humanidade. O novo, no final do século XX, observou ainda o autor, era a intensidade dos processos de degradação ambiental que acompanham a urbanização, resultando em crescente vulnerabilidade das cidades, problema agravado pela intensidade da concentração urbana.

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992), reforçaram-se as iniciativas visando a associar as duas questões: degradação ambiental e urbanização. Nos últimos anos, as autoridades mundiais têm se conscientizado da gravidade da degradação ambiental urbana. SANTOS (2002) observa que essa conscientização se deve, em parte, ao processo de globalização, que acelerou a troca de informações em escala mundial, ampliando o leque de informações e expandindo os horizontes perceptivos da opinião pública.

Essa conscientização deveu-se, também, a uma seqüência de debates internacionais sobre o tema meio ambiente. Segundo ROLNIK e SAULE JUNIOR (1998), a Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos - Habitat II, realizada em Istambul (junho de 1996), tendo como temas globais "A Adequada Habitação para Todos" e "O Desenvolvimento de Assentamentos Humanos em um Mundo em Urbanização", colimou principalmente adotar uma agenda, denominada Agenda Habitat, que estabelecesse um conjunto de princípios, metas, compromissos e um plano global de ação, visando a orientar, nas duas primeiras décadas deste século, os esforços nacionais e internacionais no campo da melhoria dos assentamentos humanos. A história da Habitat II remonta a vinte anos atrás, em 1976, quando realizou-se em Vancouver a I Conferência sobre Assentamentos Humanos das Nações Unidas. Resultou dessa conferência a criação da Agência Habitat, devendo inicialmente tratar de situações críticas de habitação, ocasionadas por desastres naturais, guerras civis e conflitos urbanos.

MAGRINI (2001) cita também outros três eventos que marcaram de forma direta a trajetória da política ambiental no mundo: a promulgação da Política Ambiental Americana, em 1969 (Nepa); a realização da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, em 1972; e o trabalho realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que resultou na publicação do relatório "Nosso Futuro Comum", em 1987 (Relatório Brundtland).

Segundo SMOLKA (1993), "A cidade não representa apenas um palco privilegiado para a tragédia ambiental. Mais do que oferecer um cenário favorável ela é parte essencial do enredo, quando não a própria trama". Desta forma, não há como separar os problemas ambientais mais aflitivos destes "tempos (pós)-modernos" dos processos de urbanização em geral e da estruturação intra-urbana em particular. Esta associação estrutural é materializada tanto pela pressão sobre o meio ambiente natural para a sustentação do modo de vida urbana, quanto pela natureza dos ambientes criados, reconhecidos como "cidade".

Sem dúvida, impõe-se examinar a questão demográfica, particularmente nos países mais pobres e de maior massa populacional que ainda não passaram pela transição demográfica, baixando a fecundidade e a mortalidade. MENEZES (1996) retrata que

Enquanto nos países industrializados a população das cidades se estabilizou ou até mesmo diminuiu, o crescimento populacional urbano nos países em desenvolvimento é dramático. Estimativas indicam que de 1950 a 2050 a população urbana dos países do Terceiro Mundo terá aumentado quase 16 vezes, saltando de menos de 200 milhões para 3,150 bilhões de pessoas. Considerando-se que o crescimento demográfico dos países em desenvolvimento é três vezes maior que o dos países industrializados, até o ano 2000 a população urbana dos países em desenvolvimento será quase o dobro da população das nações desenvolvidas, e quase o quádruplo desta até o ano 2025.

ROLNIK e SAULE JUNIOR (op.cit.) mostram que as taxas elevadas e crescentes de urbanização observadas no Brasil, nas duas últimas décadas, a despeito do acentuado declínio das taxas de fecundidade, colocam o País na situação da América Latina e do mundo em desenvolvimento: um generalizado e oneroso agravamento dos chamados problemas urbanos. Suas causas: crescimento desordenado e, por vezes, fisicamente concentrado; ausência ou carência de planejamento; demanda não atendida por recursos e serviços de toda ordem; obsolescência da estrutura física existente; padrões ainda atrasados de gestão; agressões ao ambiente urbano. Os mesmos autores sustentam que o quadro urbano brasileiro está marcado pela existência de assentamentos humanos precários, onde vivem os pobres, e por um comprometimento ambiental que provocam graus crescentes de deterioração da qualidade de vida. Enchentes, erosões, deslizamentos, poluição das águas e do ar, bem como a diminuição da cobertura vegetal, atingem o cotidiano da população, afetando diferencialmente os setores mais pobres.

Para MARTINE (1993), “O fato de a queda atual da fecundidade já estar determinando a irrelevância da preocupação neo-malthusiana para o Brasil como um todo, não significa que a relação população-ambiente careça de importância. Mas a forma de a questão demográfica incidir sobre o problema ambiental no Brasil está mais relacionada com a utilização do espaço do que com o crescimento vegetativo”. Nesse raciocínio, a localização e a natureza dos problemas ambientais que afetam a população brasileira estão intimamente ligadas à sua redistribuição espacial e aos fatores determinantes dessa redistribuição.

As questões sociais e ambientais de maior significado para a população necessariamente vão se centrar onde existe maior densidade econômica e demográfica. Ou

seja, as questões ambientais que afetam mais diretamente o cotidiano da maioria da população deverão ser resolvidas no âmbito de espaços urbanos construídos ou em construção, e não em espaços naturais ou basicamente intocados.

MIRANDA (2002) observa que no processo de desenvolvimento urbano das cidades brasileiras, de um modo geral, a questão ambiental é tratada de forma generalista e burocrática. Quando muito, observa-se a legislação de uso do solo e as restrições mínimas impostas pelo órgão ambiental competente.

A conscientização dos riscos e da degradação ambiental em nível global vem impondo alterações sistemáticas na forma de planejar a cidade e, hoje, além dos aspectos econômicos, culturais, sociais, políticos e tecnológicos, os fatores ambientais são considerados nos estudos sobre as questões urbanas.

MOTA (1981) afirma que as cidades podem ser entendidas a partir do conceito de ecossistema, considerando-se o conceito amplo do mesmo - uma unidade ambiental, dentro da qual todos os elementos e processos do ambiente são inter-relacionados e interdependentes, de modo que uma mudança em um deles resultará em alterações nos outros componentes. Este ecossistema é formado por dois sistemas intimamente inter-relacionados: o "sistema natural", composto do meio físico e biológico (solo, vegetação, animais, habitações, água, etc.) e o "sistema cultural", compreendendo o homem e suas atividades. Assim, como em outros sistemas ecológicos, o homem tem a capacidade de dirigir suas ações, utilizando o meio ambiente como fonte de matéria e energia necessárias a sua vida e como receptor de seus produtos e resíduos.

Segundo MOTA (op.cit.), o meio urbano não pode funcionar como um ambiente fechado, onde o homem possa encontrar tudo de que necessita. Assim, a cidade deve ser entendida como um sistema aberto, funcionando de forma dependente de outros ambientes de um sistema maior. Sabe-se também que as alterações introduzidas pelo homem no ambiente são sempre rápidas e variadas, não permitindo, muitas vezes, que haja a recuperação normal da natureza.

Diversos autores e estudos vêm apontando a entrada da sociedade na chamada era pós-industrial, ancorada numa economia cada vez mais globalizada e em transformações

tecnológicas profundas. Observa MAGRINI (2001) que o "meio ambiente" adquire neste contexto nova dimensão: passa de uma conotação essencialmente local para uma concepção global, é reconhecido como bem econômico e sujeito a mecanismos de mercado, é incorporado nas estratégias individuais e coletivas dos diferentes agentes sociais.

Diferentemente das décadas de 70 e 80, quando a gestão ambiental foi praticada pelo Estado através de uma política essencialmente centralizada por meio da aplicação dos chamados "instrumentos de comando e controle", gerando fortes conflitos entre interesses públicos e privados, conflitos de competência dentro do próprio Estado e conflitos entre empresas, Estado e sociedade civil, para este começo de século, segundo MAGRINI (2001), ganha espaço a negociação e a necessidade de se buscar uma efetiva "conciliação" entre as partes. Na década atual, sempre ancoradas no conceito de "desenvolvimento sustentável"², as políticas ambientais de quase todos os países parecem endereçar-se para a busca de um enfoque integrador: integrar o desenvolvimento com o uso sustentável dos recursos, integrar os instrumentos de comando e controle tradicionalmente aplicados ao meio ambiente com instrumentos econômicos, integrar os agentes públicos e privados na gestão do meio ambiente, integrar a dinâmica da problemática ambiental local com a global. Tal enfoque só prevalece se forem incorporados ao planejamento e à gestão ambiental os conceitos de planejamento e gestão cooperativos.

Segundo BARBIERI (1997), o conceito de desenvolvimento sustentável sugere um legado permanente de uma geração a outra, para que todas possam prover suas necessidades. A sustentabilidade, ou seja, a qualidade daquilo que é sustentável, passa a incorporar o significado de manutenção e conservação dos recursos naturais. Isso exige avanços científicos e tecnológicos que ampliem permanentemente a capacidade de utilizar, recuperar e conservar esses recursos, bem como novos conceitos de necessidades humanas para aliviar as pressões da sociedade sobre eles.

BARBIERI (op.cit.) mostra ainda que a idéia central dessa política é a de atacar as causas da degradação ambiental através de uma abordagem preventiva que minimize a geração de poluição na fonte, o que significa reduzir o uso de insumos materiais e energéticos

² O termo "*desenvolvimento sustentável*" é definido como "um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras" (relatório Brundtland, 1996).

para um volume idêntico de produção. Isso exige a adoção de providências como as seguintes: aperfeiçoamento dos processos produtivos para torná-los mais eficientes; revisão dos projetos dos produtos para facilitar a sua produção e ampliar o seu desempenho; utilização de matérias-primas com maior grau de pureza; eliminação ou minimização de materiais perigosos; recuperação das águas utilizadas nos processos; manutenção preventiva; procedimentos para a conservação de energia; gestão de estoques que minimize as perdas por quebra em manuseio e outras.

MAGRINI (2001) observa que a necessidade de organizar a discussão de um tema amplo, como é a questão ambiental, tem dado lugar a uma classificação dos problemas (tanto locais como globais) em três *agendas*: (i) a chamada *agenda verde*, que reúne as questões relacionadas à flora e à fauna, solos, biodiversidade etc; (ii) a *agenda marrom*, que abrange as questões de poluição e degradação típicas das cidades; e (iii) a *agenda azul*, voltada para as questões relacionadas aos recursos hídricos. Consabidamente essas agendas não são pautas de trabalho estanques, já que todas elas funcionam como vasos comunicantes. O foco da discussão aqui desenvolvida - gestão das questões ambientais urbanas, se insere, particularmente, na agenda marrom. Isso não impede, entretanto, que um dos mais urgentes problemas urbanos seja o da poluição hídrica, um problema da agenda azul. Por outro lado, questões ligadas à agenda verde urbana são também importantes, não só pelo seu valor ecológico, como também pela competitividade e produtividade das economias urbanas.

A falta de coordenação entre setores, somada à carência de integração entre níveis de governo, assim como entre estes e os vários atores sociais, faz com que os recursos disponíveis (insuficientes de qualquer forma) sejam muitas vezes desperdiçados. Assim, antes de encarar os problemas ambientais urbanos como consequência da escassez de recursos, é preciso vê-los como resultante de uma gestão ambiental urbana altamente ineficaz.

2.3 - Bacias hidrográficas: características e condicionantes

A água, elemento essencial para garantia da vida nos ecossistemas, é um dos constituintes básicos do sistema que compõe o planeta Terra e cobre 77% da sua superfície. Encontra-se distribuída nos diferentes reservatórios de água da Terra. 97,5% formam os

oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. A maior parcela dessa água doce, 68,9%, formam as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da terra. Dos percentuais restantes, 29,9% constituem as águas subterrâneas doces, estando aí incluída a umidade dos solos, cerca de 0,9% representa as águas de pântanos e, apenas 0,3% compõe as águas dos rios e lagos, parcela mais facilmente aproveitada para atender às demandas e necessidades sociais e econômicas da humanidade nos diferentes usos (SHIKLOMANOV, 1990).

Essas águas encontram-se em permanente movimento, constituindo o chamado ciclo hidrológico. A água em estado líquido ou sólido é transformada em vapor pela energia solar que atinge a superfície da terra. Sobee, então, à atmosfera, onde esfria progressivamente, dando origem às nuvens. Essas massas de água voltam a cair na terra, sob ação da gravidade, na forma de chuva, neblina e neve. REBOUÇAS (1999) pondera que todo esse processo é caracterizado por um fluxo permanente de energia e de matéria, ligando-se ao ciclo das águas, das rochas e da vida.

RONDON LIMA (2001) observa que a gestão das águas no Brasil passou por um período de grandes avanços desde o final da década de 80 até a promulgação da Lei das Águas. Com esta lei, foram definidos os instrumentos de gerenciamento das águas no País, todos eles dependentes de bases sólidas de dados para elaboração de planos de recursos hídricos, efetivação da outorga, cobrança e enquadramento dos cursos d'água.

Toda essa rápida mudança sofrida pelo setor gerou um novo ordenamento institucional, iniciado com a aprovação da Lei 9.433, de 8.01.1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e culminou com a criação da Agência Nacional das Águas, pela Lei nº 9.984, de 17.07.2000. Essa agência, vinculada diretamente ao Ministério de Meio Ambiente, possui autonomia administrativa e financeira e é diretamente responsável pela implementação dos instrumentos de ação para controle e regulação do uso dos recursos e do lançamento de poluentes que afetam o meio ambiente.

Acompanhando essa evolução no setor, lembra RONDON LIMA (op.cit.), o Estado de Mato Grosso teve a sua Lei nº 6.945 aprovada em 05.11.1997. Ela define como órgão gestor a Fundação Estadual do Meio Ambiente, não apresentando na composição do seu sistema a criação da agência de bacias, conforme previsto na lei em nível nacional.

Os conceitos de qualidade de água e poluição estão comumente interligados. Porém, a qualidade da água reflete sua composição quando afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causada pelo homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso atual, futuro e potencial do recurso.

A diversidade e o número de fontes existentes e o potencial de contaminação química dos corpos d'água são bem grandes. HOLT (2000) aponta, por um lado, que a industrialização, a urbanização, juntamente com a intensificação das atividades agrícolas, têm resultado no aumento da demanda da água; por outro lado, que aumenta a contribuição de contaminantes nos corpos d'água. As maiores e mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não tratados, escoamento e deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

NOVOTNY e OLEM (1994), citados por RONDON LIMA (op.cit.), reforçam que a urbanização provoca alterações na composição atmosférica, nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos receptores e outros corpos d' água e no solo da bacia. Os autores enfatizam, ainda, que os sistemas ecológicos nativos são substituídos por uma ecologia urbana. Emissões de resíduos aumentam drasticamente e as fontes dessas contaminações são diversas, tais como indústrias, sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos, coleta e disposição de resíduos sólidos (aterros, lixões), deposição de detritos e restos de materiais diversos.

VECCHIATO (1993) define uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem como sendo a área confinada entre os divisores de água, onde parte da precipitação pluviométrica é captada e conduzida para o sistema de drenagem natural, obedecendo-se ao ciclo hidrológico; esse autor relata a grande importância de se avaliar os sistemas das bacias hidrográficas visto a grande relação existente entre esta unidade e os fatores do meio físico, como os fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos e suas interações. O manejo inadequado destes sistemas seria capaz de comprometer todo o conjunto ambiental, causando uma série de fatores destrutivos, como a perda da qualidade da água, as enchentes periódicas, os assoreamentos e as erosões aceleradas.

JORGE e UEHARA (1998) mostram que a bacia de drenagem de um rio, até a seção considerada, ou exutório, é a área de drenagem que contém o conjunto de cursos d'água que convergem para esse rio, até a seção considerada, sendo, portanto, limitada em superfície a montante, pelos divisores de água, que correspondem aos pontos mais elevados do terreno e que separam bacias adjacentes. O conjunto de cursos d'água, denominado rede de drenagem, está estruturado com todos os seus canais para conduzir a água e os detritos que lhe são fornecidos pelos terrenos da bacia de drenagem.

A quantidade de água que atinge os rios depende das características físicas de sua bacia hidrográfica, da precipitação total e de seu regime, bem como das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.

CHRISTOFOLETTI (1980) nota que a análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com a publicação do notável trabalho do engenheiro hidráulico Robert E. Horton, que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias. A Horton cabe a primazia de efetuar a abordagem quantitativa das bacias de drenagem. Seu estudo serviu de base para nova concepção metodológica e originou inúmeras pesquisas por parte de vários seguidores. Também muito importante na utilização e expansão dessa nova perspectiva foi a influência exercida por Arthur N. Strahler e seus colaboradores da Universidade de Colúmbia.

Horton e Strahler definem os índices e parâmetros para o estudo analítico das bacias: hierarquia fluvial, análise areal, análise linear e análise hipsométrica. CHRISTOFOLETTI, ainda em seu trabalho *Geomorfologia fluvial*, descreve esses índices e parâmetros. A hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivos os estudos morfométricos (análise linear, areal e hipsométrica) sobre as bacias hidrográficas.

ROBERT E. HORTON, em 1945, foi quem propôs, de modo mais preciso, os critérios iniciais para a ordenação dos cursos de água. Para Horton, os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem somente recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, mas também podem receber afluentes de primeira ordem; os de quarta ordem recebem

tributários de terceira ordem e, também, os de ordem inferior. E assim sucessivamente. Todavia, na ordenação proposta por Horton, o rio principal é consignado pelo mesmo número de ordem desde a sua nascente.

Muitos pesquisadores seguiram esse critério na determinação da ordem dos canais. Outros pesquisadores, considerando a necessidade inerente de decisões subjetivas no sistema de Horton, adotaram um sistema diferente, que foi introduzido por ARTHUR N. STRAHLER, em 1952. Conforme este, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente.

A ordenação proposta por Strahler elimina o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de refazer a numeração a cada confluência.

Em ambos os procedimentos, verifica-se que a rede de sinais pode ser decomposta em segmentos discretos, cada um composto por um ou mais segmentos de acordo com as regras do sistema de ordenação. A área superficial contribuindo para cada subconjunto é a bacia de drenagem que lhe corresponde.

Desta maneira, o conceito de ordem ou de hierarquia é aplicável à rede de canais como às bacias hidrográficas.

Outra grande contribuição para a caracterização de bacias hidrográficas foi o trabalho desenvolvido por Scheidegger (1965), que propôs outro sistema de ordenação fluvial, denominando-o de método de *ordenação dos canais uniformes (consistent stream ordering)*. Esse autor assinala que as características de cada trecho fluvial dependem da sua ordem (a ordem significando um curso que possui características físicas definidas) e da posição ao longo da extensão do rio, podendo-se especificar condições de similaridade para cada ordem.

Do ponto de vista hidrológico, toda junção contribui para modificar a ordem principal, alterando suas propriedades na rede e criando um novo segmento.

Na análise linear são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Podemos distinguir os seguintes: relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, relação do equivalente vetorial e gradiente dos canais. Na análise areal das bacias hidrográficas são considerados os seguintes parâmetros: área da bacia (A), comprimento da bacia (L), relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia, forma da bacia, densidade de rios, densidade da drenagem, densidade de segmentos da bacia (F), relação entre as áreas das bacias (Ra) e coeficiente de manutenção.

Destarte, torna-se fundamental para o correto estudo de uma bacia hidrográfica - especialmente em áreas de intensa urbanização, a abordagem das características físicas desta bacia, que são definidas pelos aspectos morfológicos, representados pelo tipo de relevo, forma, orientação e declividade da bacia de drenagem e pelos aspectos geológicos, representados pelas estruturas, tipos litológicos, mantos de intemperismo e solos. Além desses aspectos, a cobertura vegetal e o tipo de ocupação da bacia exercem também influência importante nas relações entre infiltração e escoamento superficial em uma bacia de drenagem.

Vários autores ressaltam que as grandes concentrações brasileiras apresentam condições críticas de sustentabilidade, devido ao excesso de cargas de poluição doméstica e industrial e à ocorrência de enchentes urbanas, que contaminam os mananciais.

BITAR (1995) observa que:

Nas regiões intensamente urbanizadas e industrializadas, o uso intensivo de recursos hídricos superficiais e o lançamento de efluentes nos cursos d'água têm gerado escassez crescente e perda de qualidade das águas. Em face disto, reconhece-se, cada vez mais, a ineficácia de ações pontuais e isoladas e a conseqüente necessidade de gerenciamento dos problemas em nível regional, ou seja, no âmbito da correspondente bacia hidrográfica.

A literatura é pródiga na descrição do impacto da urbanização no escoamento, na produção de material sólido e na qualidade da água.

TUCCI (1995) aponta como principais impactos:

- i. aumento do escoamento superficial, da vazão máxima dos hidrogramas, e a antecipação dos picos;
- ii. redução da evapotranspiração, do escoamento subterrâneo e do lençol freático;
- iii. aumento da produção de material sólido;
- iv. deterioração da qualidade das águas superficiais, principalmente no início das chuvas, pela drenagem de águas que carregam materiais sólidos e lavam as superfícies urbanas.

O impacto da urbanização na macrodrenagem é ainda relatado por TUCCI (1994), que menciona:

Com o desenvolvimento urbano ocorre a impermeabilização do solo, através de telhados, ruas, calçadas, pátios, entre outros. Dessa forma, a parcela que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo ficava retido pelas plantas, com a urbanização passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções. Os efeitos principais da urbanização são o aumento da vazão máxima, antecipação do pico e aumento do volume do escoamento superficial.

À medida que a cidade se urbaniza, em geral ocorre o aumento das vazões máximas, em até sete vezes (Leopold, 1968), devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies; o aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo); e ocorre ainda a deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Adicionalmente, existem os impactos da forma desorganizada do aparelhamento urbano: pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; redução de seção do escoamento aterros; deposição e obstrução de rios, canais e condutos de lixos e sedimentos; projetos e obras de drenagem inadequados.

TUCCI (1995) mostra que, com o crescimento acelerado das áreas urbanas, aumentam os processos de perturbação dos ambientes naturais. As alterações hidrológicas geram sérios distúrbios, principalmente as enchentes urbanas associadas a danos materiais e humanos que, com frequência, vêm fazendo parte da rotina de boa parte parcela dos habitantes das médias e grandes cidades brasileiras.

Segundo esse autor, os principais tipos de enchentes em áreas urbanas são: (i) *devido à urbanização*: as enchentes produzidas pela impermeabilização do solo e pelo aumento da capacidade de escoamento da drenagem através de condutos e canais; (ii) *devido à ocupação das áreas ribeirinhas*: as enchentes naturais que ocorrem em rios de médio e grande porte. O rio extravasa do seu leito menor, ocupando a várzea (leito maior). A população desavisada tende a ocupar esse leito devido à seqüência de anos com enchentes pequenas ou pelo reduzido custo dessas áreas, sofrendo prejuízos nos anos de enchentes maiores; (iii) *devido a problemas localizados*: obstruções ao escoamento e projetos inadequados.

De acordo com SANTOS (2002), os principais impactos devidos ao desenvolvimento de uma área urbana decorrem da ocupação do solo. O revestimento do solo em grande parte da bacia reduz a percentagem de água que infiltra, elimina os pontos de detenção superficial e a rugosidade dos terrenos. Os pequenos canais de drenagem natural são substituídos por tubulações subterrâneas e os canais de drenagem são retificados e revestidos. Várias são as conseqüências decorrentes desse processo, mas a que interfere mais diretamente na drenagem urbana é o aumento do volume do escoamento superficial. O tema vem sendo objeto de estudo de vários pesquisadores, alguns referidos abaixo:

BELTRAME (1994) avaliou o processo de evolução urbana ao longo da bacia do rio Cedro (Brusque-SC), utilizando o diagnóstico físico-conservacionista como instrumento para preservação de recursos naturais. Esse estudo baseou-se na determinação de uma série de parâmetros que visaram especialmente à manutenção dos recursos água, solo e vegetação. Os

principais parâmetros abordados: informações cartográficas, imagens orbitais e suborbitais, dados de precipitação e evapotranspiração, dados de análise física e química da água, cobertura vegetal original, cobertura vegetal atual, declividade média, erosividade da chuva, potencial erosivo do solo, geologia da bacia, geomorfologia da bacia, características químicas dos solos da bacia, densidade de drenagem, balanço hídrico da bacia. Esses parâmetros proporcionaram o cálculo do valor crítico do processo de degradação desta bacia.

FERES et al. (1998) analisaram os processos construtivos atuais para as obras sanitárias enterradas, fundações rasas e obras de pavimentação viária, visando a fornecer subsídio à equipe de profissionais que pretende desenvolver ações de planejamento do uso do solo ao longo de microbacias urbanas no município de Rio Branco-AC. Foi proposto um zoneamento com base na seleção dos atributos do meio físico que proporcionou a elaboração de três cartas classificando a adequabilidade do terreno nos níveis favorável, moderado e restritivo para as obras citadas inicialmente.

A Prefeitura Municipal de Cuiabá (2001), mediante equipe interdisciplinar, elaborou projeto de remanejamento da população em situação de risco na microbacia do córrego Três Barras no perímetro urbano do município. Diante dos constantes prejuízos ao setor público e privado em período de alta pluviosidade, provocados principalmente pelas enchentes nas áreas urbanas, foi elaborado um completo diagnóstico da área em questão (ambiental, físico-urbanístico, fundiário, socioeconômico, técnico-operacional), que possibilitou, a partir daí, definições de diretrizes para as intervenções na área da microbacia. O projeto está em fase de execução pelo programa Habitar Brasil Bid. Serão remanejadas para uma outra área 755 unidades habitacionais construídas às margens do córrego Três Barras, em área de preservação permanente – APP (Lei 004/92, artigo 537 – Código de Defesa do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais), e também recuperada a área ocupada por estes imóveis, de forma a se evitar nova invasão.

Os trabalhos desenvolvidos pela Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo (Emplasa), órgão técnico de Secretaria de Estado dos Negócios Metropolitanos, abordam fundamentalmente os problemas originados pelas enchentes que ocorrem ao longo de córregos e ribeirões, e que são distribuídas em diversos pontos da malha urbana, afetando um grande contingente populacional. Esse órgão tem executado diversos planos e projetos de drenagem de águas pluviais para as bacias em área metropolitana. A partir da formulação pela

Emplasa das “Diretrizes Metropolitanas de Drenagem de águas Pluviais”, em 1981, os trabalhos elaborados para o controle de inundações procuraram interagir mais profundamente com o planejamento amplo da bacia e com a realidade socioeconômica atual. Esta visão estende-se também às medidas corretivas necessárias nas bacias, propondo estruturas mais simples e baratas, juntamente com a execução de serviços de limpeza, desobstrução e desassoreamento. Por sua vez, as medidas de caráter preventivo, basicamente associadas ao disciplinamento do uso e ocupação do solo e que correspondem à visão mais abrangente do trato ao controle de inundações, estão consubstanciadas nos trabalhos realizados nas bacias do rio Verde (São Paulo), rio Juqueri (Caieiras, Franco da Rocha e Francisco Morato) e córrego dos Cubas (Guarulhos). Nestes casos, o planejamento é mais sensível e possibilita a integração da malha urbana com o sistema de drenagem. As propostas, mesmo calcadas na idéia de prevenção, não descartam a necessidade de realização de medidas corretivas, que ficam limitadas aos trechos correspondentes às áreas já urbanizadas e que são freqüentemente inundadas.

FORMAN (1995) citado por MIRANDA (2002), apresenta considerações sobre ‘greenways’ - corredores verdes - como alternativa para a minimização de impactos ambientais ao longo de córregos ou rios. Os ‘greenways’ são projetados como elementos lineares da paisagem, ou corredores. O projeto dos ‘greenways’ ripários, em particular, geralmente considera funções ecológicas importantes, tais como a proteção da qualidade da água, a provisão de habitat para a fauna e a facilitação da movimentação de organismos entre os fragmentos remanescentes de habitat nativos. Os corredores verdes ajudam, dessa forma, a manter a diversidade biológica, proteger recursos hídricos, conservar os solos, proporcionar recreação, aumentar a coesão cultural e comunitária e prover rotas de migração de espécies nas alterações de clima e estação.

COY et al. (1994) analisam a estrutura socioeconômica e a dinâmica dos impactos ambientais na bacia do alto rio Paraguai, com enfoque específico nas implicações ambientais da urbanização. Segundo os autores “Os problemas ambientais das cidades da Bacia do Alto Paraguai decorrem especificamente das deficiências infra-estruturais detectadas na análise, particularmente da falta de saneamento básico, dos problemas da coleta e do tratamento de lixo e da expansão desordenada do espaço construído. Suas conseqüências são a degradação da vegetação, a modificação até mesmo do microclima urbano e, de importância maior no contexto regional, a contaminação de rios, córregos e do lençol freático, o que faz com que a

problemática termine por afetar também os ambientes extra-urbanos”. Em vista disso, este trabalho insta pela adoção de diretrizes urbanísticas para orientar a evolução das cidades, questão que nos remete à esfera do planejamento urbano.

2.4 - Mapeamento geotécnico

2.4.1 - Conceitos, objetivos e aplicações

Para o correto planejamento, seja regional, seja urbano, as condições, limitações e potencialidades dos recursos naturais pertencentes aos meios físico e biótico, assim como as condições socioeconômicas, devem ser previamente analisadas.

Por essa razão o mapeamento geotécnico, nas suas diversas aplicações, objetiva fornecer informações de caráter geológico-geotécnico para a orientação de formas adequadas de intervenção no meio físico.

O processo de mapeamento geotécnico, como método científico de estudo, contribui grandemente na previsão do desempenho da interação entre as formas de ocupação e o meio físico, considerando a análise dos conflitos existentes entre os diversos tipos de ocupação, fornecendo orientação e medidas preventivas e corretivas para a ocupação adequada de uma região. O mapeamento geotécnico importa muito no planejamento territorial obediente às limitações do meio físico, permitindo a ocupação de uma forma equilibrada, passível de constante atualização, e a otimização dos recursos naturais.

THOMAS (1970), citado por ZUQUETTE (1985), apresenta os princípios gerais da elaboração do mapeamento geotécnico com a máxima simplicidade possível, abaixo enumeradas:

- i. Limitar o número de atributos a serem considerados em cada folha, de maneira a resguardar a fidelidade do mapa;

- ii. Respeitar a finalidade desejada e mostrar as informações com meios de comunicações versáteis;
- iii. Deve-se considerar o mapa geotécnico como um documento temporário susceptível de ser enriquecido por outras informações após a sua realização. Todos os documentos que lhe serviram de base devem ser arquivados para que, no futuro, possa-se deles fazer uso na restituição de pontos para solucionar possíveis dúvidas;
- iv. O mapa geotécnico nunca deverá ser realizado com o intuito de substituir um reconhecimento local. Deve-se considerar que o mapa geotécnico é um auxiliar ou um indicativo para a escolha adequada de uma dada figura de reconhecimento. Não deve ser realizado como auxílio de um programa de investigação, pois o custo de um mapeamento geotécnico deve ser baixo em relação a esse programa;
- v. Os dados devem ser levantados a partir de trabalhos já realizados, investigações de campo, envolvendo o uso de trados ou penetrômetros alternativos, ensaios laboratoriais simples ou alternativos;
- vi. Como o mapa geotécnico não substitui a investigação local, o mapeador deve sempre reportar-se aos materiais superficiais, examinando se os dados são pontuais e se as extrapolações são válidas;
- vii. Avaliar quais serão os usuários e os limites de utilização, bem como a precisão dos resultados;
- viii. Ao estabelecer os objetivos do mapeamento, deve-se observar as seguintes situações básicas: se o trabalho será realizado para um tipo de usuário específico, visando a atender situações particulares, ou se a carta será para uma gama mais ampla de usuários, quando então cada usuário selecionará os atributos que desejar.

ZUQUETTE (1987), cita alguns conceitos clássicos:

“Um mapa geotécnico requer, para sua realização, operações físicas de adição, seleção, generalização e transformações de informações

especializadas, relativas a litologia, a estrutura dos solos e rochas, hidrogeologia, geomorfologia e processos geológicos.”
(VARNES, 1974).

“O mapa geotécnico é um tipo de mapa geológico que classifica e representa os componentes do ambiente geológico, os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente.”
(IAEG, 1976).

“Um bom mapa geotécnico é considerado o modelo mais ilustrativo do ambiente geológico servindo às finalidades de engenharia e outras.”
(MATULA, 1981).

ZUQUETTE (op.cit.), após análise de diferentes grupos de trabalho, abordando conceitos e metodologias, considerou que mapeamento geotécnico é um conjunto de ações que pode ser entendido como:

“Um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros. Tais informações deverão ser produzidas de maneira tal que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, avaliações ambientais e outros. As informações devem ser tratadas através de processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e, ao final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico conforme proposto por Thomas (1970).”

ZUQUETTE (op.cit.) mostra que os instrumentos de mapas e cartas referem-se aos documentos cartográficos que reúnem as informações pertinentes a um ou mais aspectos do meio ambiente, considerando as suas características relacionadas com o meio físico, meio biótico e meio antrópico, e que são utilizados pelos usuários para as mais diversas finalidades, condições e situações. Os documentos podem ser usados com a finalidade de planejamento tanto em termos de obras de engenharia, como na ocupação do meio físico.

Considerando a inter-relação da geologia de engenharia com a mecânica dos solos e das rochas, no campo da geotecnia, os documentos gráficos também são denominados mapas geotécnicos ou cartas geotécnicas.

De acordo com ZUQUETTE (op.cit), os termos mapa geotécnico e carta geotécnica, embora em muitos trabalhos sejam utilizados como sinônimos, apresentam características e denominações próprias para estudos cartográficos. O termo mapa deve ser empregado para os documentos que registram as informações (atributos) obtidas de um determinado aspecto do meio físico em questão, sem que sejam realizadas interpretações dessas informações; e o termo carta, refere-se a um documento específico que interpreta as informações contidas nos mapas. Esse autor apresenta as principais diferenças no sentido cartográfico:

- i. Mapa geotécnico: é uma representação dos atributos geotécnicos levantados, sem realização de análise interpretativa e sempre para escala inferiores a 1:10.000. Ex: mapa topográfico e geológico.
- ii. Plantas geotécnicas: é a representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1:10.000, normalmente voltada para locais onde serão executadas obras específicas.
- iii. Carta geotécnica: constitui a representação dos resultados da interpretação dos atributos que estão num mapa. Ex: carta clivométrica obtida a partir do mapa topográfico, carta de escavabilidade, etc.

Diversos aspectos do meio ambiente relacionados ao meio físico, registrados em mapas e cartas, são importantes processos ambientais (naturais ou antrópico) que transformam cotidianamente o uso do território:

- i. As rochas, os solos (materiais inconsolidados);
- ii. As águas (superficiais e subsuperficiais);
- iii. O relevo;

iv. As condições climáticas e suas relações.

Segundo ZUQUETTE (op.cit), o termo mapa é proveniente da palavra latina *mappa* e da francesa *mappe*, enquanto que o termo carta é oriunda das palavras *charta*, *charte* e *chártes* de origens latina, francesa e grega, respectivamente.

A utilização do mapeamento geotécnico como fonte de informação para a ocupação do meio físico deve atender as características dos usuários, pois estes demandam os atributos que lhes interessam, os quais devem ser conhecidos, assim como a precisão das informações e a sua validade para as áreas em análise. De acordo com ZUQUETTE (op.cit.), os usuários são muito diversos naquilo por que se interessam quanto ao mapeamento, conforme mostrado a seguir:

- i. Para órgãos federais, o mapeamento deve ser realizado de maneira que represente as condições geotécnicas em termos de zoneamento geotécnico geral, em escalas em torno de 1:25 000;
- ii. Para os órgãos estaduais as funções são similares às elencadas acima, pois as informações contidas em mapas ou cartas geotécnicas poderão ser muito úteis para orientar as regiões com crescimento acentuado, de maneira que a ocupação não traga problemas futuros. Ainda no nível estadual, os mapeamentos são fundamentais para orientar a ocupação de áreas expostas aos movimentos de materiais e neste caso as informações devem estar em escalas maiores, ou a 1: 50 000 e, às vezes, mapeamentos específicos devem ser executados para cada área;
- iii. No nível municipal, as informações devem estar em escala 1:50 000, porém, para as áreas urbanas as escalas 1:25 000, 1:20 000 e 1:10 000 são bastante adequadas. Esse mapeamento tem sua grande utilidade ao possibilitar uma melhor análise dos terrenos, permitindo assim que as ocupações das áreas não urbanas, urbanas e industriais, sejam executadas de forma adequada;
- iv. Para qualquer nível de usuário público, o mapeamento geotécnico também fornece dados para a recuperação de áreas que tiveram uma ocupação desordenada e para a

proteção de áreas específicas. O poder público pode e deve fazer uso do mapeamento para a fiscalização e o controle da ocupação do meio físico;

- v. Os usuários particulares são, principalmente, as empresas (projetistas e construtoras de obras civis) e as pessoas físicas envolvidas na ocupação do meio físico. Por causa dos usuários individuais os mapeamentos geotécnicos devem apresentar as informações da maneira mais simples e objetiva, pois raramente os utentes podem proceder a uma análise técnica, mesmo que preliminar, como no caso das empresas.

De acordo com a natureza do meio físico e os desafios inerentes às formas propostas de uso e ocupação, as cartas geotécnicas podem se apresentar sob diversas denominações, dependendo do conteúdo e, ainda, de suas diversas finalidades. CASTRO JR. (1990) descreve proposta apresentada pelo IAEG, estabelecendo que as cartas geotécnicas podem ser classificadas de acordo com a sua finalidade, conteúdo e escala.

- i. Quanto à finalidade, elas podem ser de:

- a) Finalidade especial: apresentam informações sobre um aspecto específico da geologia de engenharia, ou para um propósito específico;
- b) Multifinalidade: apresentam informações variadas sobre vários aspectos geotécnicos, aproveitáveis nas diversas finalidades de planejamento e projetos de engenharia.

- ii. De acordo com o conteúdo elas podem ser:

- a) Mapas analíticos: oferecem detalhes de um componente individual do ambiente geológico, sendo o seu conteúdo geralmente expresso no título, por exemplo: mapa de graus de alteração, mapa de resistência de solos e rochas.
- b) Mapas compreensivos: estes mapas podem ser de dois tipos: mapas de condicionantes geotécnicos e mapas de zoneamento geotécnico. O primeiro apresenta os principais componentes do ambiente geotécnico, enquanto o segundo apresenta a delimitação de áreas homogêneas quanto às suas propriedades geotécnicas.

iii. Quanto à escala podem ser:

- a) Escala grande: 1:10.000 e maiores.
- b) Escala média: maiores que 1:10.000 e menores que 1:100.000.
- c) Escala pequena: 1:100.000 e menores.

Além dessas cartas, podem-se ainda destacar as cartas de risco, que procuram apresentar uma avaliação do dano potencial da ocupação, diante de uma ou mais características ou fenômenos naturais ou induzidos pelo uso do solo.

No processo de confecção de carta geotécnica, SOUZA (1992) aborda diferenças entre modelos de carta:

“Elabora-se várias cartas: -carta de documentação (onde são feitos os registros dos pontos de coleta de dados, afloramentos, amostragem, piezômetros, sondagens, etc.) -cartas básicas (conjunto de cartas que representam os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrogeológicos, etc.), de onde são extraídas as informações do meio físico, as quais devem ser representadas na carta final”. Deve ainda fornecer ao usuário, “uma visão de conjunto dos fenômenos que atuam na área, ou na região, de maneira clara e dinâmica, fazendo com que as interações entre as diferentes informações se processam através de simbologia adequada, e sua descrição detalhada numa legenda unificada.”

PRANDINI, NAKAZAWA e FREITAS (1991) consideram que os mapeamentos geotécnicos são realizados com finalidades diversas em função da extensão, do estágio técnico-econômico e de outros fatores. Dentre essas finalidades destacamos:

- i. Orientação à ocupação do meio físico;
- ii. Fornecimento de dados preliminares a empresas públicas e privadas;
- iii. Utilização não só para fins de engenharia, mas também agrônômicos de planejamento, de fiscalização e outros.

Para as áreas com maior densidade de ocupação, o mapeamento servirá para agrupar os dados já existentes e prever possíveis problemas decorrentes da má ocupação territorial. Poderá, também, ser utilizado para analisar as tendências da ocupação, assim como verificar e manter as formas corretas dessa ocupação.

A elaboração do mapeamento está ligada à condição econômica de cada região, considerando-se que a taxa de gastos deve ser pequena em relação a uma investigação local. A realização do mapeamento geotécnico com baixo custo deverá servir como ferramenta básica para a ocupação das regiões, evitando que meios de prospecção geotécnica e ocupações inadequadas sejam utilizados.

Para PRANDINI et al. (op.cit.),

“As cartas geotécnicas devem dar acesso para além do universo dos especialistas, a possibilidade de prever o desempenho da interação entre ocupação e o meio físico, bem como os próprios conflitos entre as diversas formas de uso territorial, e também, orientar medidas preventivas e corretivas no sentido de minimizar deseconomias e riscos nos empreendimentos de uso do solo.”

Segundo SOUZA (op.cit.), a abordagem preventiva garante a eficiência e a aplicabilidade de soluções mais adequadas e otimizadas, o que se dá pela possibilidade de uma análise integrada de todos os problemas e recursos que envolvem o meio físico e sua ocupação. Este tipo de análise permite que a escala de trabalho seja adequada ao nível de abordagem, que, por sua vez, está vinculado à demanda dos usuários.

HOLL (1998) mostra que a utilização cada vez maior e mais efetiva do mapeamento geotécnico em estudos de planejamento ambiental e de uso e ocupação do solo tem evidenciado o caráter multidisciplinar envolvido na elaboração de cartas geotécnicas. Através destas cartas podem ser analisados e avaliados os componentes do meio físico, representados pelas propriedades do relevo, dos materiais inconsolidados, das rochas e das águas, bem como dos fenômenos que neles ocorrem.

PACHECO e OLIVEIRA (1998) mostram que a cartografia geotécnica é empregada em áreas urbanas por ser um instrumento da geologia de engenharia que representa e interpreta situações específicas aplicadas à gestão de problemas impostos pelo uso do solo. Permite aos diversos tipos de usuários prognosticar o desenvolvimento da relação entre a ocupação e o meio físico, e adotar normas de prevenção e adequação aos diferentes tipos de uso do meio físico considerado.

Uma boa carta geotécnica deve ser auto-explicativa e de simples utilização, indicar o comportamento previsto para cada unidade de terreno, a aptidão de uso, a susceptibilidade aos problemas potenciais das unidades de terreno, assim como a viabilidade ou adequabilidade de determinados usos para cada unidade de terreno. Assim, COELHO (1980) citado por PACHECO e OLIVEIRA (1998), observa que

“Desde a avaliação de problemas existentes até à formulação de orientações de uso, a cartografia geotécnica refletirá a plena contribuição da geologia de engenharia na medida em que melhor traduza a interação entre as múltiplas solicitações / modificações e o meio físico afetado, suas potencialidades e limitações. Desta forma, sem pretender substituir estudos específicos e de pormenor, as cartas geotécnicas, ao orientar com clareza as investigações que antecedem os novos projetos já terão cumprido seu papel.”

Destarte a cartografia geotécnica faz-se ferramenta essencial do planejamento na atual dinâmica de uso e ocupação, principalmente num país com as dimensões do Brasil, com potencialidades e perspectivas de desenvolvimento e de expansão na ocupação territorial, cujos problemas cruciais urbanos e fundiários se manifestam no cotidiano das cidades.

2.4.2 – Metodologias

2.4.2.1 - Metodologias internacionais

Os trabalhos pioneiros que tratam de metodologia de mapeamento geotécnico e sua aplicação tiveram lugar no princípio do século passado, através do serviço geológico de Nova Iorque (EUA) que, em 1902, publicou um relato geológico com a finalidade de praticar a geologia urbana. Em 1905, com a continuidade dos estudos, foi publicado o trabalho “*A configuração de superfície do substrato rochoso de Nova Iorque*”, baseado em aproximadamente 1400 sondagens.

Na feira de construções de Leipizig (Alemanha), Langen (1913) apresentou documentos gráficos, através de símbolos e cores que representavam as áreas inundáveis com variação do lençol freático com a finalidade de orientar as construções nas cidades de Erfurt, Dantzig e outras. Ainda como precursores no desenvolvimento de metodologias, Moldenhawer (1919) realizou estudos convertendo a carta geológica de Dantzig (Alemanha) em uma carta geotécnica, que divide os terrenos em função da profundidade do lençol freático.

ZUQUETE e NAKAZAWA (1998) citam o método de Stremme-Ostendorff (1932), que produziram cartas geológicas referentes a problemas relativos a materiais de construção, águas e condições de terrenos. A carta geotécnica estabelecia, de maneira sintética, as taxas de trabalho admissíveis para fundações e as possibilidades de escorregamento.

SOUZA (op.cit.) mostra que Muller (1938) publicou um mapa geológico de afloramentos, uma carta de terrenos adequados à construção (carta interpretativa) e uma carta de planificação, além de outras usando cores e sinais para diferenciar as unidades, suas características e seus componentes.

Zebera (1947), citado por SOUZA (op.cit.), criou um sistema de bandas que inspirou outras variações de representação em terceira dimensão, apresentando três categorias de terrenos (zonas favoráveis, aceitáveis e desfavoráveis).

Como modelo para instruções internacionais, foram aprovados pela comissão de geotecnia da Comecon estudos de mapeamento geotécnico desenvolvidos por MATULA e PASEK (1964), que compilaram um mapa geotécnico com finalidade geral, na escala 1: 25.000.

Segundo SOUZA (op.cit.), a França é o país mais desenvolvido em técnicas e trabalhos. SANEJOUAND (1972) publicou os resultados de levantamento e análise dos trabalhos já existentes, realizados não só na França como em outros países, dos quais se depreende uma metodologia francesa de cartografia e mapeamento geotécnicos. Esse trabalho (*Cartografia Geotécnica Francesa*) analisa os fatores mais comuns, como as condições de geologia, a geomorfologia e a geotecnia dos terrenos. O conjunto de documentos básicos é formado pelas cartas de fatores: de documentação, do substrato rochoso, dos materiais de cobertura, hidrogeológica, geomorfológica e outras. As cartas de aptidão são de fundações, viabilidades de vias de transporte, escavabilidade, materiais de construção etc. A metodologia é utilizável tanto para fins regionais como para específicos.

A IAEG (International Association of Engineering Geology) elaborou, através de comissão formada em 1968, um guia para a preparação de mapas geotécnicos, publicado em 1976, através da Unesco. ZUQUETE e NAKAZAWA (1998) mostram que essa comissão relatou os fatores e as feições que devem ser considerados, tais como o caráter das rochas e dos solos, as condições hidrogeológicas, as condições geomorfológicas e os fenômenos geodinâmicos. Essa metodologia classifica os mapas em função do conteúdo, da escala e da finalidade. De acordo com a finalidade, descreve SOUZA (op.cit.), os mapas são classificados como especiais ou de multifinalidade. Segundo o conteúdo, são analíticos, abrangentes, auxiliares e complementares. E segundo a escala, grande (maior do que 1:10.000), média (entre 1:10.000 e 1:100.000) e pequena (menor do que 1:10.000).

Na Austrália, a partir do trabalho de GRANT (1975) e AITCHSON e GRANT (1968), iniciou-se o uso de informações geotécnicas, tendo sido desenvolvido o sistema PUCE (Padrão, Unidade, Componente, Avaliação). Este sistema se baseia em princípios geomórficos homogêneos para cada unidade de terreno. SOUZA (op.cit.) observa que todos os dados levantados devem ser tratados de maneira a se tornar compatíveis com um sistema computacional. O sistema é originário de um similar de Christian e Stewart (1953). As principais classes de terreno são: Província, Padrão, Unidade e Componente. Os atributos são apresentados em três classes que definem seu interesse para estudos de viabilidade, estudos de planejamento e finalidades construtivas. Cada classe de terreno é documentada nos mapas segundo uma nomenclatura específica.

Metodologia aplicada na França, a Zermos (Zonas expostas a riscos de movimentos de solo) tem por finalidade básica fornecer detalhes de uma área quanto às condições de instabilidade, sejam potenciais, sejam reais, correspondentes a movimentos de massa, erosão,

abatimentos e sismos. ZUQUETE e NAKAZAWA (1998) relatam que os primeiros trabalhos foram apresentados por Chazan (1973), Humbert (1975, 1977), Antoine (1977) e outros. Normalmente são realizadas em escala 1:25.000 ou 1:20.000 e maiores, indicando áreas onde estudos na escala 1:5.000 devem ser efetuados, sendo estas cartas denominadas Plantas Zermos. Estas são elaboradas em, no mínimo, três fases de trabalho: levantamentos bibliográficos e entrevistas sobre a existência de movimentos de terrenos na região estudada, estudo geomorfológico (uso de fotointerpretação), e estudo e controle no terreno dos principais fatores (permanentes e temporais).

ZUQUETE (op.cit.) cita ainda a metodologia Gasp, desenvolvida especialmente às condições particulares do meio físico, típicas da região de Hong Kong. A metodologia, apresentada por Burnett e Styles (1982), caracteriza o mapa de classificação dos terrenos com base em seis atributos: declividade, componentes dos terrenos, morfologia dos terrenos, erosão, condições das encostas e hidrologia. Este mapa representa as unidades de terreno por códigos alfanuméricos e, a partir deste, pode-se obter um grupo de documentos denominados *derivados*, oriundos da seleção e combinação de atributos.

SOUZA (op.cit.) mostra também as metodologias como a espanhola (Ceotma), a canadense (Arda) e a suíça. Esse autor ainda cita a realização de estudos geotécnicos regionais, muito utilizados em países mais desenvolvidos, como os da Europa, dos Estados Unidos, do Canadá, da Austrália e da França. Entre os estudos de caráter regional que se fundamentam em critérios geomorfológicos, destacam-se THOMAS (1974), VERSTAPPEN e ZUIDAN (1975), YOUNG (1976), KOONS (1976), FOOSE e HESS (1976), SPEIGHT (1977), HAWKINS e PRIVETT (1979), ZUIDAN (1985), RENGERS (1981), VERSTAPPEN (1983), MC CAIG (1985), KING (1986), MEIJERINK (1988), COOKE e DOORNKAMP (1990).

2.4.2.2 - Metodologias Brasileiras

No Brasil, os trabalhos pioneiros versando sobre a metodologia de mapeamento geotécnico ou similar e sua aplicação tiveram início entre 1965 e 1966 com o Prof. Haberlehner, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Publicou um trabalho no XX Congresso Brasileiro de Geologia. Também tiveram importância como fomentadores dos trabalhos de mapeamento geotécnico no país os estudos desenvolvidos por Heine (1966), com

o mapeamento geotécnico do Estado da Guanabara, e Grehs (1967), que realizou o mapeamento da cidade de Santa Cruz do Sul – RS, tratando de problemas de instabilidade de encostas. Depois deles diversos trabalhos de caráter metodológico foram sendo desenvolvidos, com uma produção mais intensa após o ano de 1988.

ZUQUETE e NAKAZAWA (op.cit.) apontam diversos grupos que vêm desenvolvendo atividades neste campo, tais como o Departamento de Geologia do IG-UFRJ, a Divisão de Geologia do IPT, o Departamento de Geologia da EESC-USP, o IG-SP, o Departamento de Geologia da UNB, o Departamento de Geologia da UFMG, a UFPE, a UFAL, a UFPR, a UFRGS e a CPRM.

O Instituto de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IG-UFRJ) desenvolve trabalhos na cidade do Rio de Janeiro e áreas próximas, em escalas desde 1:50.000 até maiores que 1:10.000, predominantemente relacionados a movimentos de massas e processos de ocupação. Trata-se do grupo de pesquisadores do Brasil que reúne maior experiência em trabalhos em escalas maiores que 1:10.000.

PRANDINI et al. (1990) sintetizam os conceitos básicos e a abordagem metodológica no desenvolvimento e na aplicação da cartografia geotécnica do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). As cartas geotécnicas, como expressão prática do conhecimento geológico, aplicado ao gerenciamento dos problemas colocados pelos diferentes usos do solo, têm como objetivos prever o desempenho da interação entre o meio físico e a sua ocupação, bem como os conflitos entre as diversas formas de uso do solo, e estabelecer orientações técnicas, preventivas e corretivas, dos problemas identificados, visando à minimização de custos e riscos nos empreendimentos de uso do solo.

Segundo PRANDINI et al. (1991), a metodologia empregada pelo IPT busca otimizar as relações entre os esforços de investigação, a qualidade e a utilidade da informação obtida. Para esse autor, os procedimentos sistemáticos visando à aplicação desta metodologia concentram-se, basicamente, em: (i) formulação de uma hipótese ou modelo inicial orientativo, que proporcione a identificação objetiva em primeira aproximação dos recursos e problemas existentes ou esperados; (ii) análise fenomenológica e de desempenho, que consiste na análise e identificação das causas e do desenvolvimento (mecanismos, evolução) dos fenômenos ou situações geradoras dos problemas pré-detectados, estabelecendo-se para

cada determinado problema as características fisiográficas de interesse para a ocupação; (iii) mapeamento e compartimentação, que busca estabelecer as principais evidências acessíveis à investigação (geopedologia, geomorfologia), busca de informações e das expressões geográficas das características de interesse, através de coleta e análise de informações disponíveis e a determinação de compartimentos (unidades territoriais) homogêneos segundo a maior probabilidade de ocorrência de problemas; (iv) representação e apresentação dos resultados de modo a dar acesso facilitado ao público interessado (técnicos de outras especialidades, administradores públicos e privados e, desejavelmente, qualquer cidadão interessado).

Na década de oitenta, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) realizou diversos trabalhos na confecção das cartas geotécnicas dos morros de Santos e São Vicente, ambos municípios do litoral paulista, e das cidades de São Paulo e Guarujá. Também foram realizados os trabalhos de elaboração da carta geotécnica do município de Campo Grande - MS (1990), na escala 1:25.000 e a carta geotécnica do município de Cuiabá - MT (1991), na escala 1:25.000; nessas cartas a metodologia considerou traços fisiográficos e problemas de ocupação, em unidades homogêneas quanto a problemas existentes e esperados, e a compartimentação das unidades foi executada por padrões de relevo.

O trabalho de ZUQUETTE (1987) intitulado "*Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*" constitui marco na evolução dos trabalhos sistemáticos já existentes nos levantamentos geológico-geotécnicos e na cartografia geotécnica. SOUZA (op.cit.) observa que esse trabalho trata desde da sistemática respeitante à metodologia científica para a elaboração de um mapa, até do levantamento das metodologias e sistemas internacionais, trazendo uma revisão completa do estado da arte até então. Além disso, propõe uma metodologia aplicada às condições brasileiras, procurando se adequar às condições socioeconômicas do País, dentro de uma relação custo/benefício, sem detrimento do nível técnico/tecnológico a ser adotado.

De acordo com ZUQUETTE (1987), as classes de documentos utilizadas para a elaboração dos mapeamentos geotécnicos são baseadas num grupo de informações pré-existent e fundamentais para cada região. As quatro principais categorias de informações que são levantadas e analisadas formam as seguintes classes de documentos: mapas básicos fundamentais, mapas básicos opcionais, mapas auxiliares e cartas derivadas ou interpretativas.

Os mapas básicos fundamentais são utilizados para qualquer região, independentemente do conjunto de suas características e normalmente neles se representam os componentes do meio físico. São eles: mapa topográfico, mapa geológico (representam tanto os materiais do substrato rochoso, quanto os inconsolidados), mapa das águas (fornecem informações sobre as condições hidrológicas e hidrogeológicas).

Os mapas básicos opcionais são considerados todos os mapas existentes, com exceção dos citados acima, que podem ser de grande interesse para o mapeamento, em função das características da região em análise. Podemos considerar, por exemplo, o mapa geomorfológico como fundamental para áreas de encostas acentuadas. Os tipos de mapas mais comuns dessa classe são: mapa pedológico, mapa geofísico, mapa geomorfológico, mapa climático, mapa da ocupação atual e prevista.

O mapa mais conhecido e útil da classe dos mapas auxiliares, observa ZUQUETTE (op.cit.), é o mapa de documentação ou de dados. Seu fim precípua está em registrar todos os pontos onde foi possível obter alguma informação e de que maneira foi conseguida, seja qualitativa, seja quantitativa. Registram-se, por exemplo, os locais onde é possível analisar o perfil, os afloramentos, os pontos de amostragem, os diversos tipos de sondagens, as pedreiras, os portos de areia, as olarias, as jazidas de pedras ornamentais e de minérios em exploração, os poços profundos, etc.

As cartas derivadas ou interpretativas são documentos originados de interpretações de outras classes de mapas, sempre contendo informações sobre os terrenos para uma ou mais finalidades específicas, destinam-se ao uso direto do usuário. As cartas de aptidão (zoneamento geotécnico específico), de zoneamento geotécnico geral, cartas das condições geológicas-geotécnicas, exemplificam essa categoria de mapas.

SOUZA (op.cit.) cita como exemplos dessas cartas: carta de fundação, carta de escavabilidade, carta de estabilidade de taludes, carta de irrigação, carta de erodibilidade, carta de deposição de rejeitos sépticos, carta de materiais de construção, carta de restrições ambientais, carta de orientação, carta de obras viárias e carta de obras enterradas. As principais cartas interpretativas e derivadas da geologia de engenharia para diferentes tipos de usuários exigem a preliminar observação das relações envolvendo atributos, uso e obtenção, a

partir do que definem-se as cartas de interesse específico. Para cada tipo de carta interpretativa ZUQUETTE e GANDOLFI (1990) apresentam o escopo, os atributos utilizados para a obtenção da carta e a classe de aptidão proposta, mostrados na Tabela 2.

Tabela 2
Forma de Obtenção dos Atributos Básicos

Atributo	Forma de Obtenção	Documento de Registro
1. Tipo de material (inconsolidado ou rochoso) - Distribuição em áreas características	- Fotointerpretação - Trabalho de campo - Ensaio de laboratório: granulometria, azul de metileno, mineralogia.	Mapas de substrato rochoso e/ou materiais inconsolidados.
2. Natureza e perfil da unidade - Relações espaciais - Características	- Trabalhos prévios - Trabalhos de campo - Cortes, tradagens e sondagens alternativas. - Investigações de campo e laboratório	Mapas de substrato rochoso e materiais inconsolidados
3. Espessura dos materiais inconsolidados	- Trabalhos de campo - Sondagens alternativas - Penetrômetro simples do tipo cone dinâmico - Trado mecânico-manual - Geofísica	Mapas de materiais inconsolidados
4. Profundidade do NA	- Idem aos itens 1,2 e 3	Mapas de águas ou de materiais inconsolidados
5. Declividade e sentido	- Mapa topográfico - Fotogrametria - Trabalhos de campo (inclinômetro)	Carta de declividade
6. Permeabilidade Drenabilidade Drenagem	- Trabalhos prévios - Estimativas - Observação de campo - Investigação de laboratório	Mapas específicos ou memoriais
7. Expansibilidade	- Estimativa via mineralogia, CTC e ensaios alternativos (azul de metileno) - Ensaio de MCV 'Moisture Condit. Value'	Memoriais
8. Compressibilidade	- Observação de campo - Trabalhos prévios - Estimativas	Memoriais
9. Suporte	- Observações anteriores - Sondagens alternativas (borro)	Memoriais e perfis
10. Corrosidade	- Ensaio específicos - Ensaio alternativos (resistividade)	Memoriais
11. Áreas de inundação	- Fotointerpretação - Trabalhos de campo	Mapa
12. Movimentos de terrenos	- Fotointerpretação - Observações anteriores - Trabalhos de campo	Mapa

13. Formas e comprimento das encostas	- Fotointerpretação - Trabalhos de campo	Memoriais e mapas
14. Áreas de recarga	- Mapa do substrato rochoso e dos materiais inconsolidados - Fotointerpretação - Trabalhos de campo	Mapa
15. CTC (capacidade de troca catiônica)	- Ensaio químico - Ensaio de absorção de azul de metileno	Memoriais
16. Dados climáticos (erosividade)	- Observações anteriores	Mapas de dados
17. Salinização (potencial)	- Trabalhos específicos	Memoriais
18. Grau de alteração	- Observação macroscópica - Observação microscópica - Ab-adsorção do azul de metileno	Memoriais
19. Canais de drenagem/ Km	- Fotointerpretação	Mapa de águas
20. Capacidade de campo e de murchamento	- Ensaios específicos	Memoriais
21. Fraturamento estrutural	- Fotointerpretação Trabalhos de campo	Mapa do substrato rochoso
22. Bacias hidrográficas	- Mapas topográficos - Fotointerpretação	Mapas de água

Fonte: ZUQUETTE & GANDOLFI, 1990.

Ainda como metodologias desenvolvidas em nosso País, destacam-se as metodologias desenvolvidas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) e a metodologia desenvolvida pelo Instituto Geológico de São Paulo (IG-SP). A primeira destaca os aspectos relacionados ao solo, correlacionando características geotécnicas e pedológicas, enquanto a segunda tem como base o uso dos conceitos de tipos de terrenos.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Fundamentação

A área de estudo localiza-se no perímetro urbano do município de Cuiabá, Estado de Mato Grosso, entre os paralelos $15^{\circ}33'07''\text{S}$ e $15^{\circ}38'45''\text{S}$ e os meridianos $56^{\circ}05'37,5''\text{W}$ e $56^{\circ}02'48,75''\text{W}$. Caracteriza-se por intensa urbanização. Adotou-se um limite natural de características ecológico-urbanas, que constitui uma unidade de bacia hidrográfica.

Em função dos objetivos pretendidos, buscou-se a abordagem dos problemas inerentes à expansão urbana como consequência direta do processo de desenvolvimento socioeconômico condicionado pelo seu meio físico, suas reações e inter-relações manifestas de diferentes formas no espaço. Essa abrangência coaduna-se com o que estabelece a Lei nº 9.433 de 08/01/1997, a Lei Nacional dos Recursos Hídricos, no que concerne à instituição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão do território, passando da ação puramente controladora, setorial e burocrática para uma ação gerenciadora da questão ambiental, de caráter integrado, participativo, descentralizado e financeiramente sustentável. Essa abordagem da unidade de bacia hidrográfica figura também na citada Agenda 21 brasileira, em seus itens referentes às estratégias para cidades sustentáveis.

O processo de mapeamento geotécnico tem se firmado como método científico de estudo do meio físico. Permite a obtenção de um produto técnico que antecipa o desempenho da interação entre as formas de ocupação e o meio físico, possibilitando ainda a análise dos conflitos existentes entre os diversos tipos de ocupação, além de subsidiar a adoção de medidas preventivas e corretivas para a ocupação adequada de uma região.

VECCHIATO (1993), em sua tese de doutorado “Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá,” adota as metodologias desenvolvidas por ZUQUETTE (1987) e ZUQUETTE et al. (1998), que apresentam propostas de mapeamento geotécnico voltadas para as condições brasileiras, baseando-se num conjunto de informações fundamentais do meio físico que deve ser obtido por meio de técnicas e métodos simples, baratos e objetivos. Os atributos do meio físico devem ser levantados, avaliados, analisados e apresentados na forma de documentos (mapas, cartas e textos explicativos) que auxiliarão nas diretrizes para implementar as formas de ocupação. A representação dos resultados obtidos no processo de mapeamento geotécnico, obedecendo esta metodologia, forma as seguintes classes de documentos gráficos: mapas básicos fundamentais, mapas básicos opcionais, mapas auxiliares e cartas derivadas e interpretativas, abaixo explicadas:

- i. Mapas básicos fundamentais: são mapas que representam os componentes do meio físico de uma dada região. Fazem parte deste grupo de documentos os mapas topográficos, geológicos (substrato rochoso e materiais inconsolidados) e o mapa de águas (superficiais e subterrâneas);
- ii. Mapas básicos opcionais: são todos aqueles que apresentam interesse para o mapeamento geotécnico. Em função das características de cada região podem tornar-se fundamentais. Os exemplos mais comuns destes documentos são os mapas pedológico, geofísico, geomorfológico, climático e da ocupação atual;
- iii. Mapas auxiliares: para os trabalhos de mapeamento geotécnico, o mapa de documentação ou de dados é considerado um documento auxiliar de grande utilidade, pelo fato de que nestes mapas são registradas todas as informações obtidas durante o levantamento de trabalhos prévios e o processo de mapeamento. Desta forma, registra os locais observados no campo, os pontos de coleta de amostras, a localização de sondagens, poços tubulares profundos, jazidas existentes, ocorrências minerais e outras informações de interesse;
- iv. Cartas interpretativas: são documentos obtidos através da interpretação das informações contidas nos mapas básicos fundamentais, opcionais e auxiliares. Dependendo do objetivo e da escala de mapeamento, poderão ser classificadas como

cartas das condições geológico-geotécnicas, carta de zoneamento geotécnico geral e carta de zoneamento específico.

Procurou-se adotar uma concepção metodológica de mapeamento do meio físico e suas possíveis relações com as atividades de planejamento, com a finalidade de ordenar a ocupação do solo visando ao desenvolvimento auto-sustentável.

A conjunção das informações obtidas através da interpretação das imagens (fotos aéreas) com as observações diretas de trabalhos de campo, complementadas por dados bibliográficos (trabalhos geotécnicos existentes) e de laboratório, possibilitou compor um diagnóstico do meio físico da sub-bacia do córrego do Barbado, ao qual se associou os efeitos decorrentes da intervenção antrópica e seus impactos.

3.2 – Materiais utilizados

3.2.1 – Levantamento de dados cartográficos e fotos aéreas

A primeira fase envolveu o levantamento de dados oficiais que subsidiaram o desenvolvimento da pesquisa. A partir de informações já produzidas e disponíveis a pesquisadores e planejadores, foram gerados diagnósticos parciais que possibilitaram análises setoriais para os problemas diversos encontrados na área de estudo. Essas análises levaram à formulação de diretrizes gerais, permitindo desta forma a elaboração de propostas para a fase de resultados.

Todos os trabalhos e projetos realizados na área tiveram como ponto de partida as informações oriundas de levantamento aerofotogramétrico do município de Cuiabá realizado em 1983 pela empresa Esteio. As matrizes e os originais desse trabalho encontram-se no Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano (IPDU) do município e na Secretaria de Planejamento e Gestão do Estado de Mato Grosso – Seplan. Esse material é constituído por cerca de 650 cromos 23 x 23 cm, 25 mosaicos fotográficos 63 x 63 cm, na escala 1:8000 e 27 plantas ortorretificadas e georreferenciadas, na escala 1:10.000, contendo curvas de nível a

cada 5 metros e os pontos de controle de campo utilizados para os tratamentos cartográficos. Também foi utilizada foto-carta elaborada a partir de fotos aéreas georreferenciadas, na escala 1:5.000, realizada em abril de 1998 pela empresa Tecnomapas.

Foram resgatados estudos de mapeamentos do meio físico da área, caracterizando os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, bem como dados climatológicos, hidrológicos e hidrogeológicos. Também foram coletados dados já existentes a respeito dos aspectos da vegetação, do uso atual do solo e da evolução da ocupação na região.

3.2.1.1 – Levantamento de dados geológicos

Para se realizar uma caracterização do meio físico em relação aos aspectos geológicos, foram pesquisados dados preliminares existentes, a saber: LUZ et al. (1980) - Projeto Coxipó (Mapa Geológico 1:50.000); BARROS et. al (1982) - Projeto Radambrasil, Folha SD-21/Cuiabá (Mapa Geológico 1:250.000); VECCHIATO (1993) - tese de doutorado “Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá – MT” (Mapa Geológico 1:25.000); MIGLIORINI (1999) - tese de doutorado “Hidrogeologia em meio urbano da região de Cuiabá e Várzea Grande – MT” (Mapa Geológico 1:25.000).

3.2.1.2 – Levantamento dos dados geomorfológicos

Foram realizados levantamentos dos dados a respeito da geomorfologia, baseados em trabalhos de LUZ et al (1980) - Projeto Coxipó; ROSS et al (1982) e VECCHIATO (1993), aliados à digitalização das curvas de nível obtidas na etapa de escaneamento do levantamento aerofotogramétrico realizado pela empresa Esteio (1983), no intuito de se verificar o comportamento da área de estudo e sua declividade. Sobre a análise conjunta destes aspectos desenvolveu-se uma carta na escala 1:10.000, na qual são observadas as subdivisões em compartimentos geomorfológicos, de fundamental importância para a modelagem das unidades ambientais identificadas nas etapas posteriores.

3.2.1.3 – Levantamento de dados pedológicos

Através dos trabalhos desenvolvidos por LUZ et al. (1980) - Projeto Coxipó; OLIVEIRA et al. (1982); VECCHIATO (1987); VECCHIATO (1993) e MIGLIORINI (1999), pôde-se definir a evolução pedológica para a Baixada Cuiabana, caracterizando desta forma a área de estudo.

3.2.1.4 – Levantamento de dados climatológicos

Os dados a respeito dos parâmetros climatológicos foram obtidos por meio de trabalhos desenvolvidos por MAITELLI (1994) e DUARTE (1995), além de pesquisa realizada junto ao 9º Distrito Meteorológico, em que se podem observar os índices de umidade relativa do ar, precipitação e evapotranspiração e temperaturas médias.

Utilizando o programa 'microsoft excel', produziram-se modelos gráficos nos quais é apresentada a evolução dos parâmetros climatológicos nos últimos vinte anos.

3.2.1.5 – Levantamento de dados hidrológicos

Trabalhos desenvolvidos por LUZ et al. (1980) sobre a hidrografia; por VECCHIATO (1993), abordando a hidrologia; por MIGLIORINI (1999), tratando da hidrogeologia; e por CARVALHO (2002), versando a construção de poços tubulares profundos no município de Cuiabá, forneceram informações a respeito da classificação da sub-bacia, da densidade dos cursos d'água, do tempo de concentração, além de terem proporcionado a elaboração de carta de localização de poços tubulares com as seguintes informações: indicação da profundidade do nível d'água de um poço em repouso (nível estático), descrição dos perfis litológicos e sua formação geológica correspondente, bem como a profundidade dessas camadas.

3.2.1.6 – Levantamento de dados de declividade

Os dados de declividade referem-se à inclinação dos terrenos, obtida através da transformação das distâncias entre as curvas de nível e a percentagem de inclinação. A carta de declividade foi elaborada sobre trabalho da empresa Esteio, material constituído por 27 plantas ortorretificadas e georreferenciadas na escala 1:10.000, contendo curvas de nível de 5 em 5 metros. Esta carta propicia a análise de um dos fatores mais importantes na avaliação das áreas para fins de construção e de disposição dos equipamentos urbanos.

Dentre os diversos fatores considerados na ocupação do meio físico, a declividade influencia diretamente nos processos erosivos, nas condições de escavabilidade dos terrenos, na localização de equipamentos destinados à deposição de rejeitos sépticos e nas condições de estabilidade de taludes naturais.

Considerando as características da área e a escala do trabalho, adotaram-se os limites entre as classes de declividade de acordo com o estabelecido por ZUQUETTE (1987) e VECCHIATO (1993), e representam os valores de declividade que limitam as diversas ocupações do meio físico. As classes são estas:

- i. 0 – 2%: adequada, devendo ser observada a cota de inundação;
- ii. 2 – 5%: de adequada à razoável, devendo-se observar a possibilidade de erosão em sulcos por concentração de águas superficiais;
- iii. 5 – 10%: razoável, com cuidados nas declividades maiores e nas litologias mais finas devido a sua alta susceptibilidade a processos erosivos (sulcos e ravinas), principalmente na falta de cobertura vegetal;
- iv. 10 – 15%: com restrições, susceptíveis à erosão, movimento de massas, aumento da dificuldade para execução de obras destinadas à deposição de rejeitos;
- v. > 15%: não recomendado.

Ressalte-se que durante a elaboração desta carta foi executado um controle geral de campo, com apoio de fotos aéreas georreferenciadas na escala de 1:5.000.

3.2.1.7 – Levantamento de dados de uso e ocupação do solo e dados censitários

Para realizar a caracterização da evolução do uso e da ocupação do solo e o inventário socioeconômico da área de estudo, foram utilizados diversos trabalhos compilados pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano – IPDU, os quais apresentam os dados do IBGE relativos ao número de domicílios, a sua ocupação e à densidade populacional, segundo os bairros, na região urbana do município. Esses estudos possibilitaram um entendimento global da ocupação da área, sua evolução e a problemática referente aos diversos tipos de uso do solo na região. Através destes foi possível a elaboração dos mapas de evolução urbana e de densidade demográfica.

3.2.1.8 – Levantamento fitofisiográfico

Foram levantadas as principais fitofisionomias, com base em trabalhos realizados por AMARAL e FONZAR (1982) – Projeto Radambrasil Folha SD-21/ Cuiabá – Vegetação e LUZ et al. (1980) – Projeto Coxipó. Também pesquisas de campo e interpretações de fotos aéreas pancromáticas elaboradas pela empresa Tecnomapas, varredura de abril de 1998, foram utilizadas. Este estudo possibilitou a avaliação dos impactos urbanos na descaracterização da vegetação da área de estudo e da forma como esses impactos interferem na qualidade ambiental da sub-bacia.

3.2.2 – Recursos computacionais

3.2.2.1 – Equipamentos utilizados

Todo o trabalho de processamento de imagens e textos e de mapeamento foi realizado em um computador *Pentium 200 MHz*, com 128 Mb de memória RAM e um disco rígido de 10 Gb. Para a realização de cópias de segurança e de transferência de arquivos utilizou-se um 'Zip drive' de 100 Mb. Para a impressão dos mapas utilizou-se uma impressora *Hewlett Packard Deskjet 610C*.

Para escaneamento dos mapas e das fotos aéreas pancromáticas foram utilizados um 'scanner' monocromático A0 da *Océ* e um 'scanner' policromático formato A3 de um birô de serviços.

3.2.2.2 – Programas utilizados

Para o tratamento das imagens e para a vetorização das informações *raster*, utilizou-se o programa Autocad 2000, incorporado ao aplicativo Cad Overlay. Para a digitalização dos produtos analógicos e para geração e tratamento dos dados digitais e de imagens, foram utilizados os seguintes programas: Autocad 2000, Arcview 3.2, Arcview 8.1, Photoshop 5.0.

3.3 – Método de trabalho

Neste trabalho procurou-se desenvolver uma proposta de metodologia de mapeamento do meio físico e suas possíveis relações com atividades de planejamento, com a finalidade de ordenar a ocupação do solo visando ao desenvolvimento auto-sustentável.

Para a realização deste trabalho, foram utilizados dados do estudo desenvolvido pelo IPT/UFMT em conjunto com a Prefeitura Municipal de Cuiabá para a elaboração da Carta Geotécnica de Cuiabá (1991), e feitas readequações na metodologia empregada por VECCHIATO (1993) em seu trabalho "Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá", que por sua vez adotou a metodologia desenvolvida por ZUQUETTE (1987) e ZUQUETTE et al.(1990).

Recorreu-se à utilização de análises de cartas temáticas, incluindo as dos meios físico, urbano e restrições legais. Tal recurso foi consubstanciado na tendência atual do meio científico à aplicação dessas ferramentas nas áreas de planejamento urbano, territorial e no gerenciamento de bacias hidrográficas.

A organização deste estudo foi sistematizada em três etapas interdependentes e sucessivas, permitindo a avaliação de cada um dos métodos e técnicas utilizados. O desenvolvimento da pesquisa seguiu uma seqüência de aprofundamento, visando a testar as hipóteses e contribuir para uma melhor compreensão dos problemas e dos impactos ambientais urbanos. Informações bibliográficas e trabalhos de campo permitiram a compreensão global dos impactos.

Em termos práticos este trabalho foi desenvolvido em três fases sucessivas: levantamento de dados existentes, etapa de campo e propostas para a mitigação dos problemas ambientais.

3.3.1 – Levantamento de dados existentes

A primeira fase envolveu o levantamento de dados básicos para a elaboração do estudo; foram pesquisados trabalhos de mapeamento do meio físico da região em instituições de ensino e pesquisa (UFMT, UNIC), IBGE, Prefeitura Municipal de Cuiabá, Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEMA), Secretaria de Estado de Planejamento, Defesa Civil do município e Empresa Tecnomapas (imagens digitais e fotos aéreas). A análise consistiu na obtenção de informações pertinentes à geologia, geomorfologia, climatologia, pedologia, hidrologia, hidrogeologia, fitosiografia, uso atual do solo, infra-estrutura urbana e evolução da ocupação urbana, que direcionaram o trabalho de campo.

3.3.2 – Trabalho de campo

Os trabalhos de campo que foram desenvolvidos na segunda fase tomaram como base carta-imagem na escala 1:5.000 realizada pela Tecnomapas, em abril de 1998.

Foram feitas observações "in loco" em diversos pontos com o uso de GPS modelo Garmin 12, com a finalidade de identificar o posicionamento espacial dos impactos ambientais ao longo da sub-bacia, levando-se em conta a identificação dos estágios de preservação/ degradação das nascentes, a observação de processos erosivos, a análise do grau de assoreamento e poluição por esgoto e por lixo, as condições locais das áreas edificadas, o reconhecimento do uso e da natureza do corpo d'água, os tipos de abastecimento e a disposição de efluentes domésticos, o uso e a ocupação do solo e suas conseqüências.

Durante o trabalho de elaboração do mapeamento digital e dos mapas temáticos, foram realizadas várias incursões na área de estudo, com o objetivo de complementar e atualizar as informações relativas ao sistema viário, aos novos bairros e assentamentos e à expansão urbana verificados no período seguinte à elaboração da carta geotécnica de Cuiabá (1991), ao trabalho de mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá (VECCHIATO, 1993) e ao levantamento aerofotogramétrico de 1998.

Nesta etapa foi possível um reconhecimento das unidades de solos e rochas aflorantes na área, dos aspectos geomorfológicos, além de registrar os principais problemas ocasionados pela ocupação urbana. Essas informações proporcionaram a confecção de cartas temáticas de geologia e morfopedologia na escala 1:10.000 para a sub-bacia.

Foi realizada a coleta de amostras das águas superficiais, seguindo os padrões e normas técnicas da Cetesb (1988), considerados: ponto de amostragem, data e hora da coleta, tipo de amostra, condições meteorológicas das últimas 24 horas, indicação dos parâmetros a serem analisados em laboratório, nome do responsável pela coleta, equipamentos utilizados e volume coletado. O intuito desta análise foi o de analisar a qualidade das águas superficiais e seu grau de comprometimento. Esta análise permitiu uma comparação com os resultados apresentados pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), que desenvolveu estudos das águas superficiais das bacias urbanas do Município de Cuiabá no período de 1999 e 2000. Tendo como base a resolução 20 do Conama, foi analisada a evolução de comprometimento das águas superficiais da sub-

bacia, considerando-se alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos: temperatura, pH, turbidez, odor, condutividade, fósforo total, coliformes totais e coliformes fecais.

Além disso, teve-se a preocupação de estabelecer o reconhecimento de todas as nascentes inseridas na área de estudo, identificando a sua localização e os estágios de preservação/degradação. Foi feita para esta fase uma avaliação dos condicionantes de uso e ocupação, índice de desmatamento, qualidade e quantidade das águas superficiais e níveis de assoreamento.

A partir do levantamento de todo o universo de informações e dados, em todas as dimensões aludidas, procurou-se fazer um diagnóstico de todos os problemas existentes, bem como dos dados relativos à sua evolução no período verificado entre os dois cenários pré-estabelecidos (carta geotécnica de Cuiabá – 1991 e este trabalho). Esse diagnóstico abrangeu tanto os problemas que afetam diretamente a população residente, quanto aqueles que comprometem, de forma crescente, a integridade do meio ambiente.

3.3.3 – Produção de resultados: elaboração de produtos cartográficos

3.3.3.1 – Carta geológica

Tendo por base trabalhos pré-existentes de mapeamentos realizados por LUZ et al. (1980) na escala 1:50.000, VECCHIATO (1993) e MIGLIORINI (1999) na escala 1:25.000, foi desenvolvida uma carta geológica na escala de 1:10.000.

Em um estágio inicial foram produzidos fragmentos digitalizados via *raster* e estes reformatados com base em conhecimentos adquiridos em etapas de campo, procurando-se incorporar os conhecimentos mais recentes da área de estudo.

3.3.3.2 – Carta morfopedológica

O desenvolvimento da carta morfopedológica se baseou em interpretações iniciais de fotos aéreas na escala 1:5.000, realizadas pela empresa Tecnomapas em 1998. Através dessa interpretação, e do cruzamento das informações obtidas na carta geológica, nos levantamentos de estudos pedológicos e no zoneamento geotécnico (carta geotécnica de Cuiabá, 1991 – IPT/UFMT/PMC), além de visitas “in loco”, foi possível a caracterização da área de estudo e sua divisão em compartimentos, de acordo com informações e interpretações temáticas integradas, definindo litologia, morfologia do relevo, dos solos e vegetação.

3.3.3.3 – Carta de susceptibilidade à ocorrência de erosão

Por meio da interpretação de fotos aéreas na escala 1:5.000, realizadas pela empresa Tecnomapas em 1998, e da posterior verificação em campo, conjugadas ao cruzamento das informações obtidas na carta geológica, nos levantamentos de estudos pedológicos, no zoneamento geotécnico (carta geotécnica de Cuiabá, 1991 – IPT/UFMT/PMC), na carta morfopedológica e na carta de viabilidade para urbanização (VECCHIATO, 1993), foi elaborada uma carta na qual é feita a definição de unidades geológico-geotécnicas englobando materiais geológicos com potencial e frequência de ocorrência de processos erosivos.

Nesta carta é possível verificar as áreas com maior susceptibilidade à ocorrência desse problema. Assim, para a susceptibilidade à ocorrência de problemas de erosão foi adotada a subdivisão da área de estudo em baixa susceptibilidade, média susceptibilidade, alta susceptibilidade.

3.3.3.4 – Carta de susceptibilidade à ocorrência de inundação

A abordagem metodológica específica para o estudo das áreas de inundação na sub-bacia do córrego do Barbado iniciou-se pela análise da maior quantidade possível de fatores

potencializadores ou desencadeadores desses eventos. Esses fatores podem ser caracterizados como condicionantes geológicos e geomorfológicos da sub-bacia, condicionantes antrópicos relacionados ao uso e à ocupação do leito do córrego e ainda às intervenções construtivas de qualquer porte ao longo da sub-bacia e condicionantes climáticos/meteorológicos.

Levando-se em consideração os objetivos do trabalho como um todo, foi feita inicialmente a interpretação de fotos aéreas na escala 1:5.000, realizadas pela empresa Tecnomapas em 1998. Em seguida procedeu-se à verificação em campo, conjuntamente com levantamentos em jornais e na Defesa Civil do município e com consultas à população, para o cadastramento dos eventos e a obtenção de dados relativos aos níveis de elevação das águas, ao tempo de escoamento, às áreas atingidas, etc. Nesta etapa também foram efetuados levantamentos relacionados aos dados de vazões líquidas no Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

Concomitantemente às pesquisas iniciais, foi feito o cruzamento das informações obtidas através da carta geológica, dos levantamentos de estudos pedológicos, do zoneamento geotécnico (carta geotécnica de Cuiabá, 1991 – IPT/UFMT/PMC), da carta morfopedológica, da carta de uso e ocupação do solo e da carta de viabilidade para urbanização (VECCHIATO, 1993).

Essas etapas foram fundamentais para a identificação das causas dos eventos de inundação. Em virtude de todas essas características, optou-se pela elaboração de um instrumento cartográfico que permitisse identificar as áreas com maiores suscetibilidades à ocorrência desse problema. Assim, para a susceptibilidade à ocorrência de problemas de inundação foi adotada a subdivisão da área de estudo segundo sua baixa, média ou alta susceptibilidade.

3.3.3.5 – Carta de uso e ocupação atual do solo

A carta de uso e ocupação foi elaborada a partir das informações obtidas da Carta geotécnica de Cuiabá (1991) e do trabalho desenvolvido por VECCHIATO (1993), na área urbana do município, apresentadas na escala 1:25.000. Tal se deu paralelamente à

interpretação de fotos aéreas na escala 1:5.000, realizadas pela empresa Tecnomapas em 1998, e a posteriores visitas “*in loco*”, por meio do que foi possível produzir um documento de caracterização da evolução do uso e ocupação da sub-bacia, bem como as diversas intervenções antrópicas e suas conseqüências.

Durante a análise conjunta das informações citadas anteriormente, foram observados os padrões de distribuição espacial, tamanho, tonalidade, textura e adjacências, para se detectar as diferentes formas de uso do solo. A legenda adotada para a caracterização dos diferentes usos e ocupações seguem os critérios estabelecidos pela carta geotécnica de Cuiabá³. O resultado é apresentado na escala 1:50.000.

3.3.3.6 – Carta de regularização fundiária

A elaboração deste documento baseou-se em pesquisas realizadas em órgãos da Prefeitura Municipal responsáveis pela aprovação de projetos e pela regularização fundiária: Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano/Coordenadoria de Patrimônio Imobiliário, Agência Municipal de Habitação e Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Com a carta e visitas “*in loco*” foi possível produzir um documento na escala 1:50.000, no qual são caracterizados os assentamentos irregulares dentro da área de estudo. Foi adotada uma legenda subdividindo a área em quatro diferentes classes: área residencial regulamentada, área de reserva ambiental, área não regulamentada e áreas semi-urbanizadas.

3.3.3.7 – Carta de viabilidade para urbanização

Este documento, na escala 1:50.000, foi elaborado com base nos dados da carta de zoneamento geotécnico de VECCHIATO (1993) e na etapa de campo. Através de cruzamento dos dados de declividade, componentes geológicos e litológicos, fatores morfopedológicos, aspectos hidrológicos, aliados aos processos do meio físico retratado nas cartas de susceptibilidade à erosão, susceptibilidade à inundação, uso e ocupação atual do solo e regularização fundiária, foi possível atribuir classes às condicionantes consideradas na

³ CASTRO JÚNIOR, P.R. de (Coord), 1990.

formulação dessa carta, conforme o nível de susceptibilidade à ocorrência de problemas e a adequabilidade dos fatores para urbanização.

Foi adotada uma legenda subdividindo a área em três diferentes classes: áreas urbanizáveis, áreas urbanizáveis com restrição e áreas não urbanizáveis. Esta legenda procurou distinguir as heterogeneidades apresentadas pelas diferentes unidades, obtendo-se dados necessários para a formulação de políticas corretas para o uso e ocupação do solo.

CAPÍTULO IV

ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 – Componentes urbanos

4.1.1 – Localização

Cuiabá apresenta uma população de aproximadamente 500.000 habitantes, 98,58 % deles na área urbana (dados do censo 2000 - IBGE). Possui uma área de 322.468,00 ha subdividida em quatro distritos (Cuiabá - sede, Nossa Senhora da Guia, Coxipó do Ouro e Coxipó da Ponte). O município está situado entre as coordenadas geográficas 15° 10' e 15° 50' de latitude sul e 54° 50' e 58° 10' de longitude oeste, na porção sul do Estado de Mato Grosso, em região denominada Depressão Cuiabana.

A área urbana ocupa 25.194,00 ha, correspondente a 7,81 % da área total, e encontra-se dividida em quatro regiões administrativas: Região Norte, com 3.070 ha; a Sul, com 12.863,20 ha; a Leste, com 4.601 ha e a Oeste, com 4.660 ha. Esta área urbana localiza-se ao sul do município, no centro geodésico da América do Sul, nas coordenadas geográficas de 15° 35'56" de latitude S e 56° 06'01" de longitude W de Gr.

A densa rede hidrográfica que corta o município, com destaque para o rio Cuiabá, é uma das características da condição urbano-habitacional da cidade. Às margens de rios e córregos e em suas várzeas encontram-se inúmeras ocupações irregulares. A sub-bacia do córrego Barbado localiza-se no perímetro urbano do município. Possui área de drenagem de 917 ha., com uma população aproximada de 70 mil habitantes, uma extensão de 6.920 metros entre os bairros Morada do Ouro (nascente) e Praeiro (fz) na direção NE-SW. Funciona

como principal receptor de águas pluviais dos bairros Morada do Ouro, Bela Vista, Canjica, Pedregal, Jardim Leblon, Renascer, 21 de abril, Jardim Itália, Jardim das Américas, Jardim Petrópolis, Jardim Tropical, Praeirinho, Praeiro e outros, como mostra a *Figura 1*.

4.1.2 – O Processo de ocupação e urbanismo na região de Cuiabá

O município de Cuiabá, criado em 1719, tem sua origem ligada à descoberta de ouro pelo sertanista Pascoal Moreira Cabral, que se adentrara a estas terras na preia de silvícolas para o trabalho escravo nas lavouras de São Paulo. A descoberta do ouro e o fácil acesso à região pela navegação fluvial favoreceram o rápido crescimento do arraial de Cuiabá.

As principais ocorrências de ouro se deram às margens do córrego da Prainha, próximo ao morro do Rosário, no lugar denominado “Tanque do Arnesto”, e foi ali também que se situaram as primeiras construções, destinadas à moradia ou a atividades produtivas, dando início à ocupação do espaço hoje na região central da cidade.

VEIGA DE SÁ (1945) relata que no ano de 1723, nas proximidades do córrego, num lugar plano e mais elevado, foi construída a Igreja Matriz, dedicada ao Senhor Bom Jesus de Cuiabá. Duas capelas: a de Nossa Senhora do Bom Despacho (1726) e a de Nossa Senhora do Rosário e São Benedito (1730), serviram de pólos de atração e expansão na margem esquerda do córrego da Prainha. As minas e a Igreja Matriz foram importantes focos de atração do povoamento da cidade no sentido leste-oeste. Assim orientadas, foram surgindo ruas paralelas ao córrego da Prainha, aproveitando as curvas de nível do terreno e nelas levantadas as primeiras habitações que consolidaram o espaço urbano de Cuiabá.

A ligação com o Porto, no extremo sudoeste, à margem esquerda do rio Cuiabá, se dava através do caminho dos pescadores (atualmente Rua XV de Novembro), criando um novo eixo de expansão do núcleo urbano. Tal núcleo surgiu em função do comércio monçoeiro e por razões de segurança e defesa.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

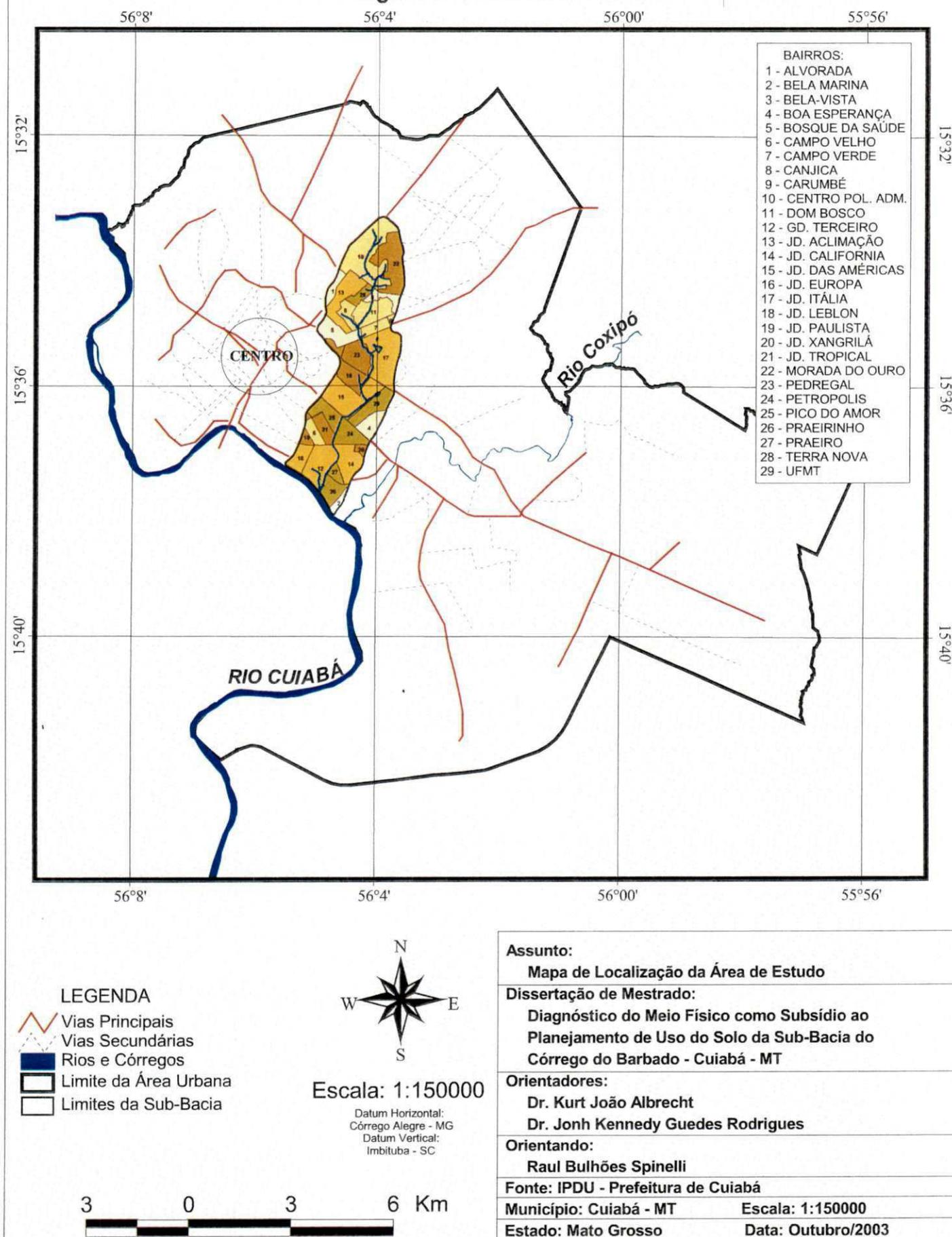


Figura 1 - Localização da Área de Estudo

A característica do aglomerado urbano de Cuiabá, nessa época, é o forte adensamento, consequência da mineração, que exigia a concentração das atividades de apoio. Assim, no primeiro período da história urbana de Cuiabá, foram definidos dois pólos de atração do crescimento da vila: o da Mina do Rosário e o do Porto, conforme se observa na *Figura 2*, concernente à evolução urbana do município.

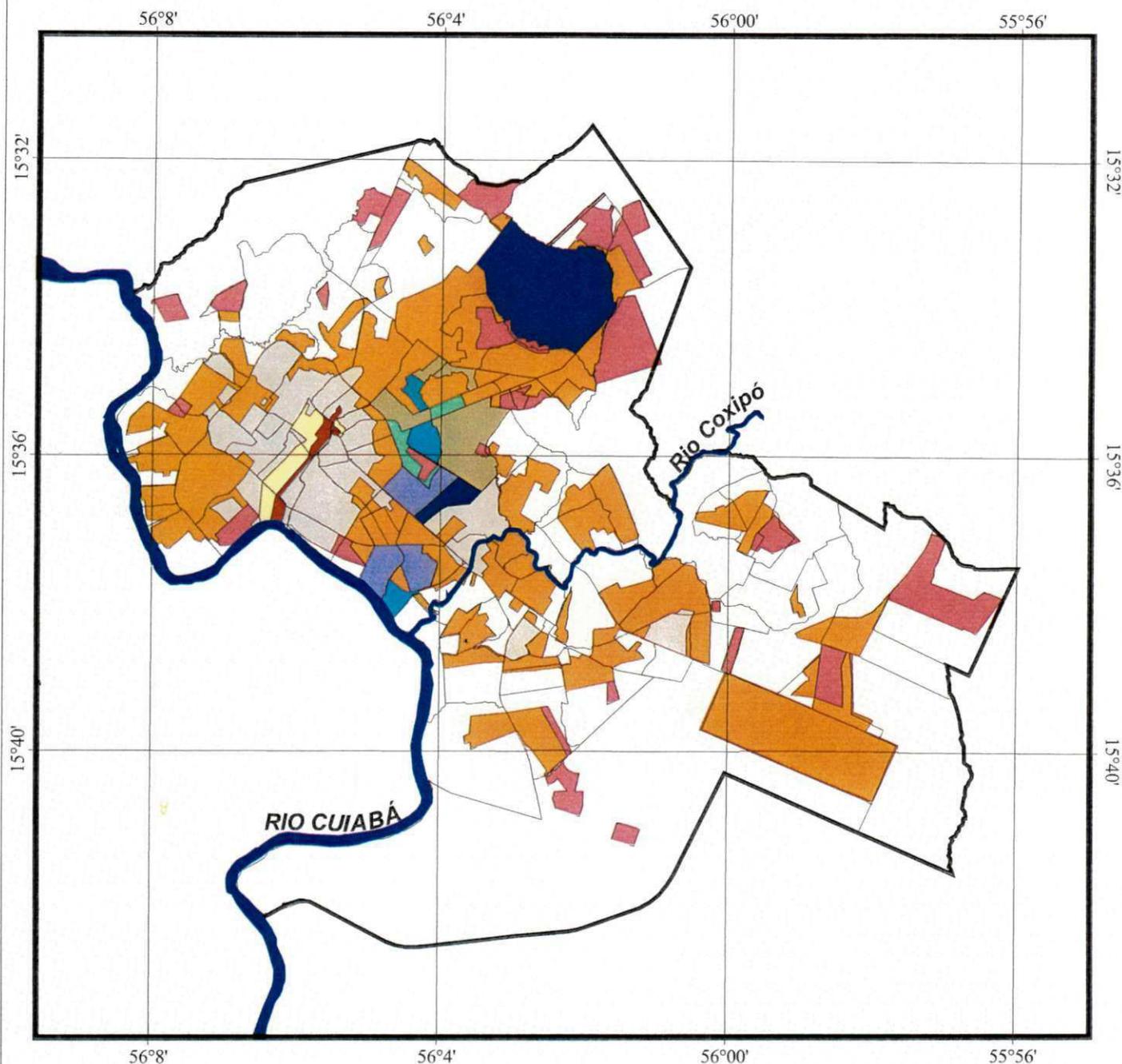
Elevada à categoria de cidade em 1818, Cuiabá seria logo depois, em 1825, declarada oficialmente capital provincial, fato decisivo na configuração e fixação de suas características urbanísticas. A construção de edifícios públicos diversificou e enriqueceu o repertório arquitetônico, tornando o desenho urbano nítido.

A partir de 1830, o Bairro do Porto vai se consolidar com as construções do Arsenal de Guerra, do Laboratório Pirotécnico e do Porto Geral, sendo então efetivamente adensado e incorporado no espaço urbano da cidade. Em meados do século XIX, o povoado de Cuiabá ligou-se ao povoado do Porto, reunindo cerca de 10.000 habitantes.

Na segunda metade do século XIX, a Guerra do Paraguai repercutiu na fisionomia da cidade. VECCHIATO (1993) mostra que, durante o Império e a República Velha, o espaço urbano sofre várias reestruturações, principalmente com a abertura definitiva da navegação pelo Rio Paraguai e Cuiabá. O traçado urbano ganha contornos mais nítidos e a arquitetura se enriquece e diversifica com a construção de edifícios públicos. Neste período teve início também a integração da pequena localidade do Coxipó à malha urbana da cidade. O Coxipó veio a se firmar definitivamente como aglomerado urbano após a abertura da estrada para Campo Grande, nos anos de 1940.

Outro momento de expansão urbana de Cuiabá deu-se no Estado Novo, a partir de 1940. Nesse período foram construídas várias obras importantes para a cidade: Avenida Getúlio Vargas, e nela o Grande Hotel, o Tribunal do Júri, a Secretaria Geral, o Colégio Estadual Liceu Cuiabano e o Quartel do Exército. Outra importante obra deste período é a ponte Júlio Muller, facilitando a ligação com a cidade vizinha de Várzea Grande.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA

- Rios e Córregos
- Limite da Área Urbana
- A - SÉCULO-XVIII
- B - SÉCULO-XIX
- C - SÉCULO-XX-1960
- D - 1961-1990
- E - Década de 70
- E - Invasões da Década de 70
- F - Início da Década de 80
- G - Meados da Década de 80
- H - Final da Década de 80
- I - 1991-2000



Escala: 1:150000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC

3 0 3 6 Km

Assunto:

Mapa da Evolução Urbana de Cuiabá

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao
Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do
Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: IPDU - Prefeitura de Cuiabá

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:150000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 2 - Mapa da Evolução Urbana de Cuiabá

Cuiabá, na condição de capital de Mato Grosso, rapidamente despontou como centro de captação e distribuição de recursos para as áreas agricultáveis e as de expansão da bovinocultura no Estado.

Com o início da construção da Rodovia Cuiabá - Porto Velho chegaram à região os primeiros migrantes. Cuiabá deixa de ser uma cidade de “fim-de-linha” para assumir a posição de medianeira urbana do projeto de integração nacional da Amazônia meridional. A construção da Ponte Nova no Rio Cuiabá em 1964 fortaleceu mais ainda a ligação com Várzea Grande e estimulou o prolongamento da rua Barão de Melgaço até o rio. (Perfil Socioeconômico de Cuiabá – IPDU – 2001).

A década de sessenta é marcada pelo recebimento de grandes contingentes de migrantes vindos das Regiões Sul, Nordeste e Sudeste do País, estimulados pelos incentivos dados pelo governo federal. Na segunda metade dos anos de 1960, as frentes pioneiras do Norte Mato-grossense já haviam transformado Cuiabá na base urbana regional de apoio ao processo de expansão. Essa nova expansão é marcada pela abertura da Avenida da Prainha, pela localização da Universidade Federal de Mato Grosso no Coxipó e pelo asfaltamento da Avenida Fernando Correa da Costa, constituindo um novo vetor de ocupação urbana na direção sudeste, proporcionando a consolidação de importantes bairros e do Distrito Industrial. Nesta época observa-se também a construção da primeira rodoviária de Cuiabá, o asfaltamento da avenida XV de Novembro até a Ponte Julio Muller e a consolidação de um anel rodoviário com a construção das avenidas Miguel Sutil e Beira-Rio, hoje vias integradas à cidade como vias preferenciais e não perimetrais.

No início da década de setenta, o governador José Fragelli interferiu no traçado urbanístico da cidade criando novo eixo de crescimento com a construção do Centro Político Administrativo (CPA). Esta intervenção impõe a abertura de um novo vetor de ocupação urbana, na direção Nordeste, com a construção da Avenida Historiador Rubens de Mendonça. A disponibilidade de áreas livres e de infra-estrutura condicionou na região do CPA a construção de conjuntos habitacionais CPA (I, II, III, IV) e Morada do Ouro.

A partir da década de setenta, de acordo com COY (1992), percebe-se claramente a expansão urbana fortemente intensificada ao longo de dois novos eixos de ocupação: Avenida Fernando Correa da Costa, em direção ao Coxipó e a Avenida Historiador Rubens de

Mendonça, em direção ao CPA (Centro Político Administrativo), próximo no qual situa-se o maior conjunto habitacional da cidade, também denominado de CPA.

Outra importante indicação faz VECCHIATO (1993) ao mostrar a existência de três áreas onde ocorre o adensamento e a verticalização: uma próxima ao centro comercial, outra próxima à estação rodoviária de Cuiabá e a terceira ao redor da Avenida Rubens de Mendonça.

O intenso fluxo migratório vivenciado pelo município na década de setenta também promoveu a ocupação de áreas não favoráveis, principalmente planícies de inundação, notadamente pela população de baixa renda.

A *Figura 3* mostra as classes de densidade demográfica no perímetro urbano do município.

O processo de evolução urbana do município pode ser resumido e caracterizado por etapas distintas, conforme relata FREIRE (1988):

- i. O ciclo da mineração, que se estende desde a fundação até o ano de 1820, quando passa de fato, a sediar a capital da Província de Mato Grosso;
- ii. O ciclo da sedimentação administrativa, que vai de 1820 a 1968, quando foi dinamitada a Catedral do Bom Jesus e ocorreu a abertura do Portal Mato-Grossense da Amazônia para o avanço das fronteiras, mediando a expansão capitalista para as imensas áreas do Norte do Estado;
- iii. O ciclo da modernização, incrementado a partir de 1968 quando efetivamente se inicia a diversificação das funções urbanas da cidade.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

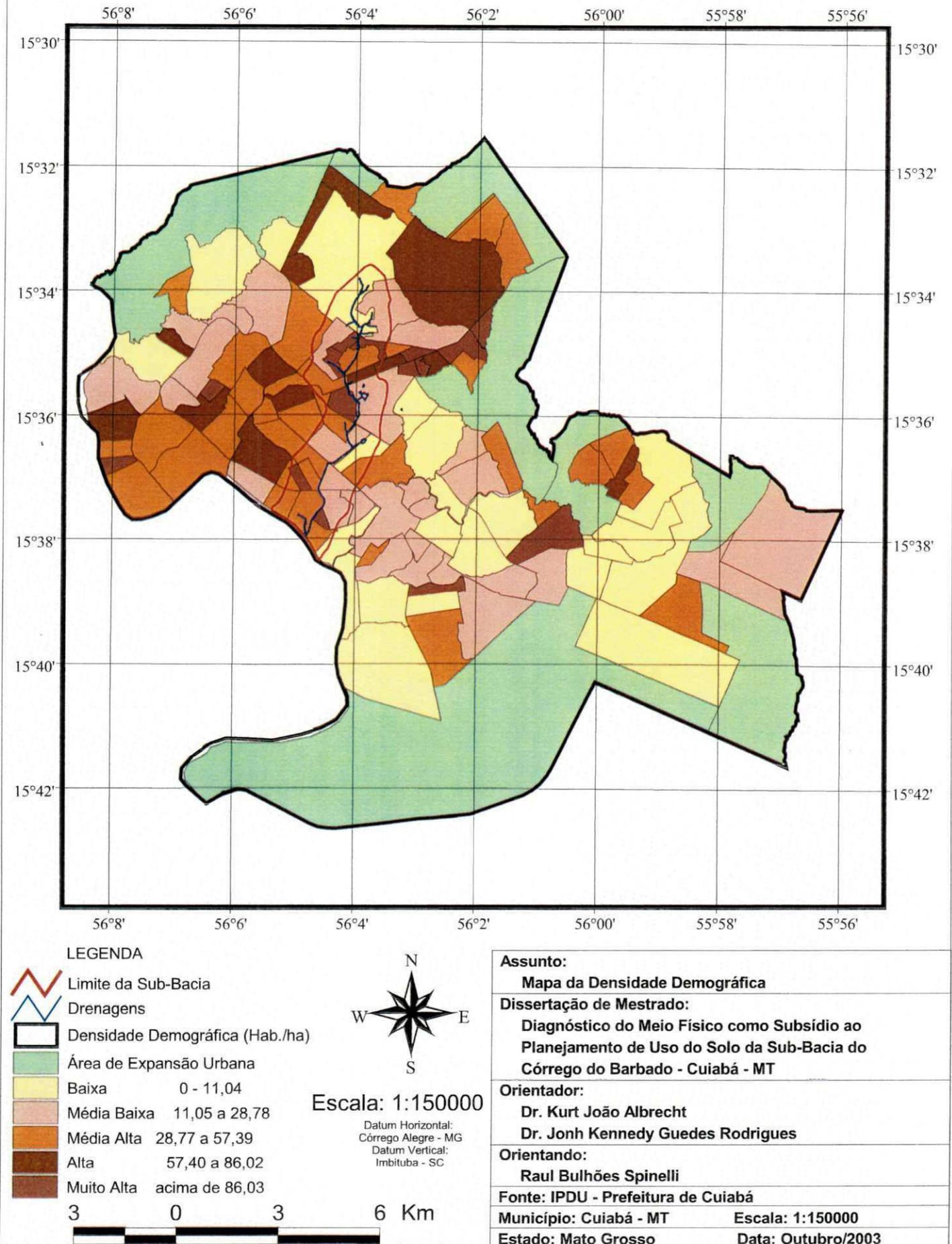


Figura 3 - Mapa da Densidade Demográfica

No processo de crescimento da cidade deu-se a conurbação com o município de Várzea Grande. O Aglomerado Urbano Cuiabá-Várzea Grande foi instituído pela Lei Complementar Estadual 028/93 e disposto pela Lei Complementar Estadual 083/2001.

4.1.3 – Aspectos populacionais

A região da grande Cuiabá tem apresentado dinâmicas diferenciadas e oscilações significativas nos seus incrementos populacionais no decorrer da história.

Estudo desenvolvido pelo IPDU mostra que a dinâmica demográfica do município, assim como seu processo de ocupação, esteve sempre intimamente ligado ao predomínio de determinantes macroeconômicos. Esse autor descreve o alto índice de crescimento populacional alcançado durante o século XVIII, quando se deu a descoberta das minas de ouro existentes na região.

Posteriormente vários fatores contribuíram para a dispersão dessa população, principalmente o esgotamento das minas e a descoberta de novas minas em outras localidades do Estado, que provocaram um longo período de estagnação populacional.

Segundo dados do IPDU (2001), o Censo Demográfico de 1872, primeira contagem populacional realizada no Brasil, revela na Província de Mato Grosso uma população de 60.417 habitantes; destes, 35.987 encontram-se em Cuiabá e representam 59% da população do Estado. Vale ressaltar que o censo foi realizado após o término da Guerra do Paraguai, quando Mato Grosso, e principalmente Cuiabá, perde grande parte da sua população devido ao surto de varíola que assola a região. Os dados referentes a 1890 indicam em Mato Grosso uma população de 92.827 habitantes, contando Cuiabá com 17.815 habitantes, havendo, portanto, decréscimo populacional em torno de 50% em relação aos dados de 1782. Na década seguinte, uma população de 118.025 habitava o Estado de Mato Grosso, 34.339 em Cuiabá, o que representa acréscimo populacional de 93%.

A partir da segunda metade do século XX ocorre novo impulso de crescimento populacional, estimulado pelos projetos de incentivos fiscais e pela política de ocupação da

Amazônia meridional adotada pelo governo federal. Cuiabá integra-se efetivamente no processo produtivo brasileiro como pólo de desenvolvimento.

Segundo estudos desenvolvidos pelo IBGE (1982), Mato Grosso atinge durante as décadas de 70 e 80 níveis de crescimento na ordem de 20% ao ano. Tal crescimento refletiu sobremaneira no crescimento da capital, Cuiabá, que chegou a ter aumentada a sua população urbana a taxas de 150,3%, por década.

Com efeito, dados do IPDU (2001) mostram que, em 1960, Cuiabá registra 57.860 habitantes; passa para 100.865 habitantes em 1970; para 212.984 habitantes em 1980; e em 1991, para 402.813 habitantes. Nestes períodos registraram-se taxas de crescimento populacional de 5,71% ao ano na década de 60 e variação populacional de 74%; de 7,76% ao ano na década de 70 e variação populacional de 111%; de 5,96% ao ano na década de 80 e variação populacional de 89%. Os números representam nesse período de 31 anos uma variação populacional de 596 %, e são mostrados na Tabela 03.

Tabela 3
População residente em Cuiabá – IPDU (2000)

Ano	Cuiabá	
	População	i % a.a.
1872 ⁽¹⁾	35.987	...
1890 ⁽¹⁾	17.815	-3,83
1900 ⁽¹⁾	34.393	6,80
1920 ⁽¹⁾	33.678	-0,10
1940 ⁽¹⁾	54.394	2,43
1950 ⁽²⁾	56.204	0,33
1960 ⁽¹⁾	57.860	0,29
1970 ⁽²⁾	100.865	5,71
1980 ⁽⁴⁾	212.984	7,76
1990 ⁽⁶⁾	380.140	5,96
1991 ⁽⁵⁾	402.813	5,96
1996 ⁽⁷⁾	433.355	1,47
1997 ⁽⁹⁾	445.276	2,75
1998 ⁽⁹⁾	457.525	2,75
1999 ⁽⁹⁾	470.112	2,75
2000 ⁽⁸⁾	483.044	2,75
2001 ⁽⁹⁾	496.332	2,75
2002 ⁽⁹⁾	509.985	2,75

(1) Censo Demográfico: Sinopse Preliminar - VII Recenseamento Geral do Brasil - 1960/ IBGE.

(2) Censo Demográfico do Estado de Mato Grosso - VI Recenseamento Geral do Brasil - 1950/IBGE.

- (3) Sinopse Preliminar do Censo Demográfico de Mato Grosso - VIII Recenseamento Geral do Brasil - 1970/IBGE.
- (4) Censo Demográfico - Dados Distritais - Mato Grosso - IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980/ IBGE .
- (5) Censo Demográfico - 1991/MT - Resultados do Universo Relativos às Características da População e dos Domicílios - IBGE.
- (6) Estimativa IPDU/DPI com base nos Censos Demográficos de 1980 e 1991.
- (7) Contagem da População, 1996 - IBGE / MT.
- (8) Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000 / IBGE.
- (9) IPDU / DPI, com base na Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000 / IBGE.

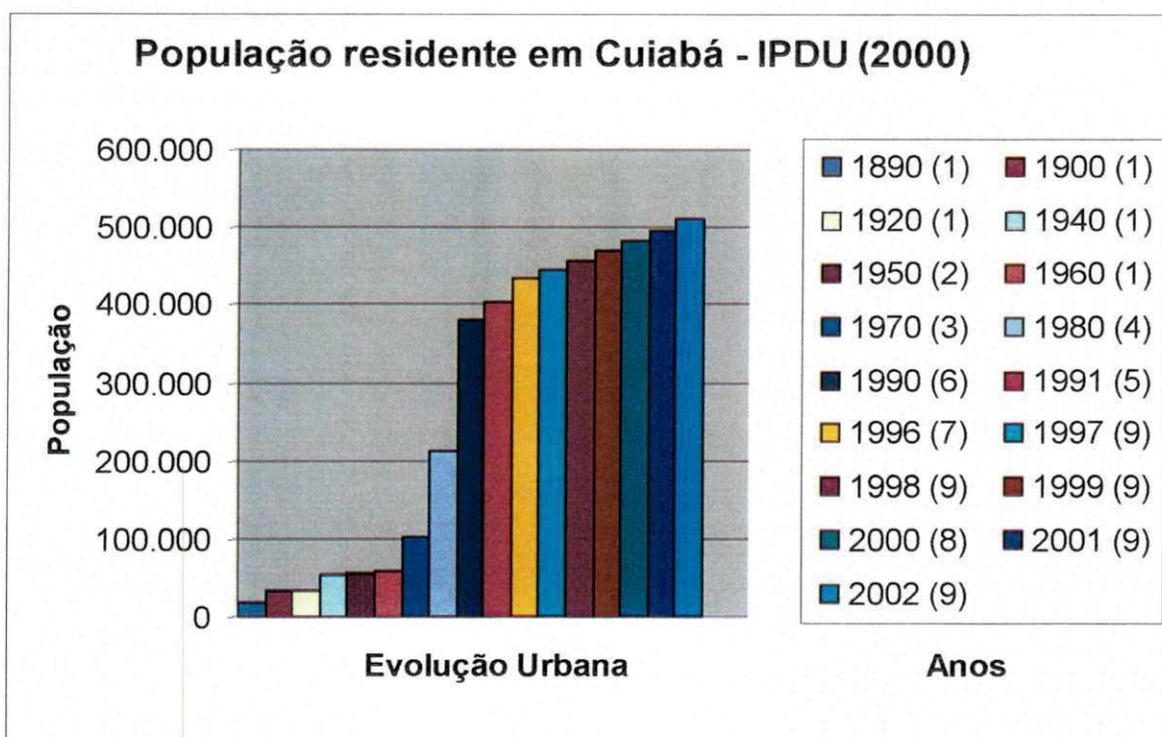


Figura 4 – Gráfico da População Residente em Cuiabá – IPDU (2000)

Dados do Censo Demográfico do ano de 2000 (IBGE) mostra para Cuiabá uma população de 483.044 habitantes, 476.178 habitantes na área urbana (98,58%) e 6.866 habitantes na área rural (1,42%), registrando taxa de crescimento de 2,04% ao ano e variação populacional de 20% no período de 1991 a 2000, indicando uma desaceleração no ritmo de crescimento (Tabela 4).

Tabela 4
População de Cuiabá, segundo a localização – IPDU (2001)

Localização	1970 ⁽¹⁾		1980 ⁽²⁾		1991 ⁽³⁾		1996 ⁽⁴⁾		2000 ⁽⁵⁾	
	Abs.	%								
Urbana	88.269	87,52	197.982	92,96	395.662	98,22	426.903	98,51	476.178	98,58
Rural	12.591	12,48	15.002	7,04	7.151	1,78	6.452	1,49	6.866	1,42
Total	100.860	100,00	212.984	100,00	402.813	100,00	433.355	100,00	483.044	100,00

Fonte (1) FUFMT/PMC. População de Cuiabá, Análise da Dinâmica Demográfica, 1990.

(2) IBGE, Censo Demográfico de Mato Grosso 1980.

(3) IBGE, Censo Demográfico de Mato Grosso 1991.

(4) IBGE, Contagem da População 1996

(5) IBGE, Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000.

Estudos desenvolvidos pelo IPDU (2000) apontam para os próximos dez anos um aumento na taxa de crescimento, em função de investimentos de infra-estrutura previstos para a região, tais como: pavimentação da rodovia Cuiabá/Santarém, implementação da hidrovía Paraná - Paraguai, a saída para o Pacífico, a construção da Ferrovia Leste – Oeste e o aumento da oferta de energia elétrica pela construção de duas hidrelétricas e do gasoduto Bolívia/Brasil.

4.1.4 – O Processo de ocupação e articulação urbana da área de estudo com a cidade

A região da sub-bacia do Barbado teve sua efetiva ocupação iniciada a partir da década de 70 através de dois eixos de crescimento. O primeiro constituiu na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, no sentido norte/oeste da bacia, possibilitando a construção dos conjuntos habitacionais CPA I, CPA II, CPA III, CPA IV e Morada do Ouro. O segundo na pavimentação das Avenidas Fernando Correa da Costa e Beira-Rio no sentido sul-sudeste, direcionando a construção dos loteamentos Jardim Califórnia, Jardim Tropical, Grande Terceiro, Jardim das Américas I e Jardim Kennedy, e favorecendo o campus da UFMT. Neste período surgem as primeiras ocupações informais (Canjica, Pedregal e Praieirinho), ocupando em geral espaços no entorno a região central do município, principalmente em várzeas e áreas de inundação.

A década de 80 foi marcada pela consolidação da Avenida João Gomes Sobrinho e da Avenida Jurumirim no sentido norte/leste da bacia, permitindo as condições de implementação dos loteamentos Bela Vista, Terra nova, Bosque da Saúde e Jardim Itália I. Também dessa década é a Avenida Archimedes Pereira Lima (Estrada do Moinho) e a consolidação da Avenida Tancredo Neves, que suscitaram os loteamentos Jardim das Américas II, Jardim das Américas III e Jardim Tropical.

A partir da segunda metade da década de 80, com o estabelecimento desses diversos empreendimentos dotados de infra-estrutura básica (rede de água, esgotos sanitários, equipamentos públicos, energia e transporte coletivo) e a consolidação do sistema viário, ficam criadas definitivamente as condições para a ocupação de forma global da referida bacia, como mostra a figura 5.

O período que compreende o final da década de 80 e a década de 90 foi caracterizado pela intensificação das ocupações de áreas situadas em beira de córregos ou áreas suscetíveis a processos de inundação, num raio de até 20 Km do centro urbano de Cuiabá, e por ocupações clandestinas em áreas verdes dos loteamentos existentes: Castelo Branco, Campo Verde, Jardim Leblon, Renascer, 21 de Abril, Pedregal, Canjica etc.

A sub-bacia do córrego do Barbado conta com aproximadamente 917 hectares. Ao longo de seus 7 Km de linha de córrego, em áreas de preservação, construíram-se cerca de 1.135 unidades habitacionais, bem como imóveis de uso comercial e de serviço (Tabela 5).

Tabela 5
Assentamentos irregulares UEM/PMC -2001

Assentamentos	Unidades Habitacionais
Dom Bosco/Castelo Branco	250
Bela Vista	120
Campo Verde	115
Canjica	180
Pedregal	280
Praeirinho	190
Total	1.135

Muitas das edificações estão situadas nas áreas de várzeas, embaciados e planícies de inundação, e apresentam risco de desabamento, em particular as instaladas na faixa de preservação de até trinta metros das margens e/ou na faixa da cota de inundação (150 metros), como mostrado na Figura 6.

A região convive com enchentes como as grandes cheias em 1995 e 2001.

A ocupação irregular das margens suscita também outros problemas ambientais: o esgoto 'in natura' despejado nos cursos d'água ou na rede de drenagem pluvial, a grande quantidade de lixo doméstico, entulhos e objetos descartados (móveis, fogões, pneus, etc), jogados no córrego. Verifica-se ocorrência de assoreamento e erosões em vários pontos da sub-bacia.

O processo de ocupação verificado desconsiderou os aspectos ambientais, a não ser aqueles pontuais, restritos às especificidades de cada empreendimento considerado isoladamente.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

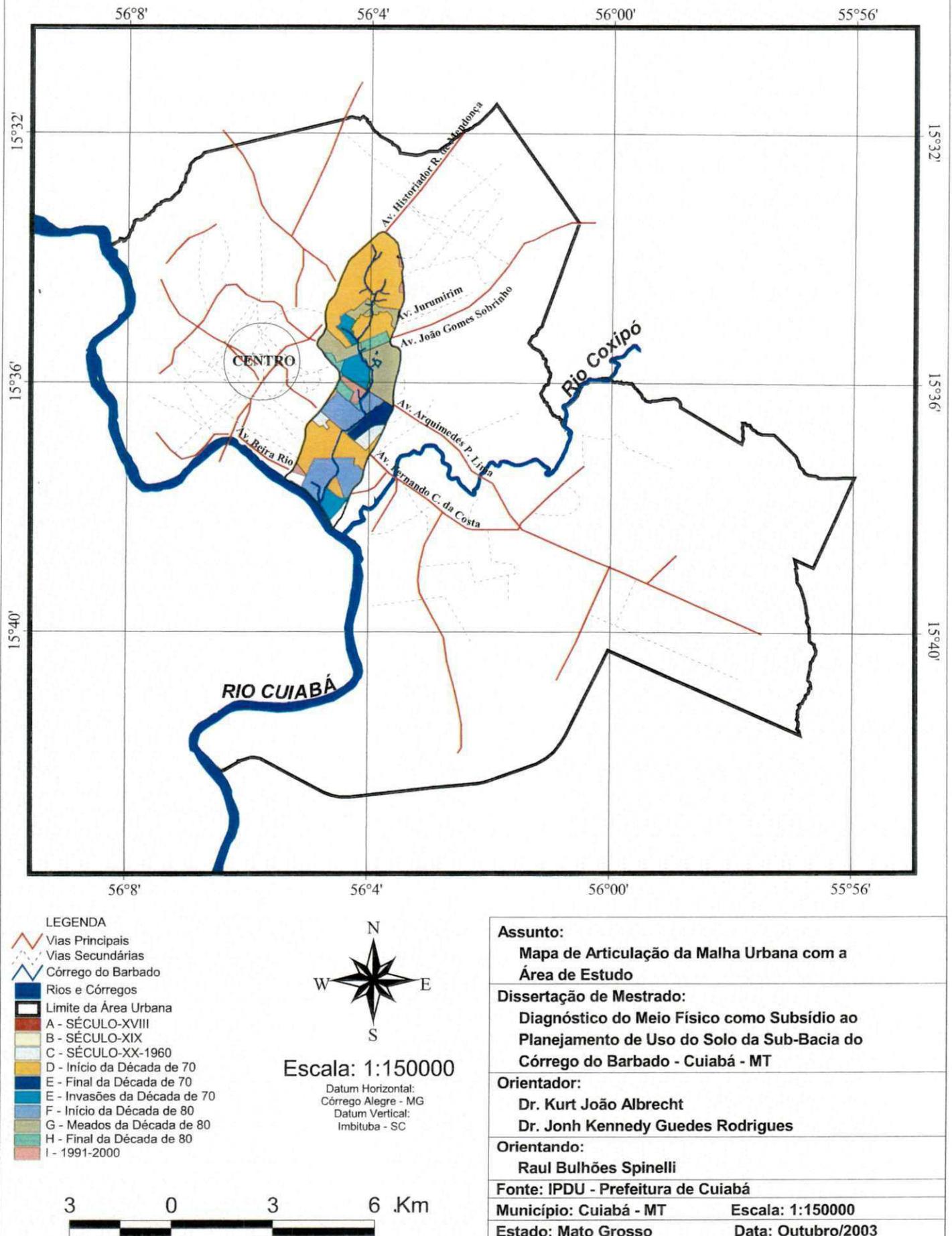


Figura 5 - Mapa de Articulação da Malha Urbana com a Área de Estudo

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

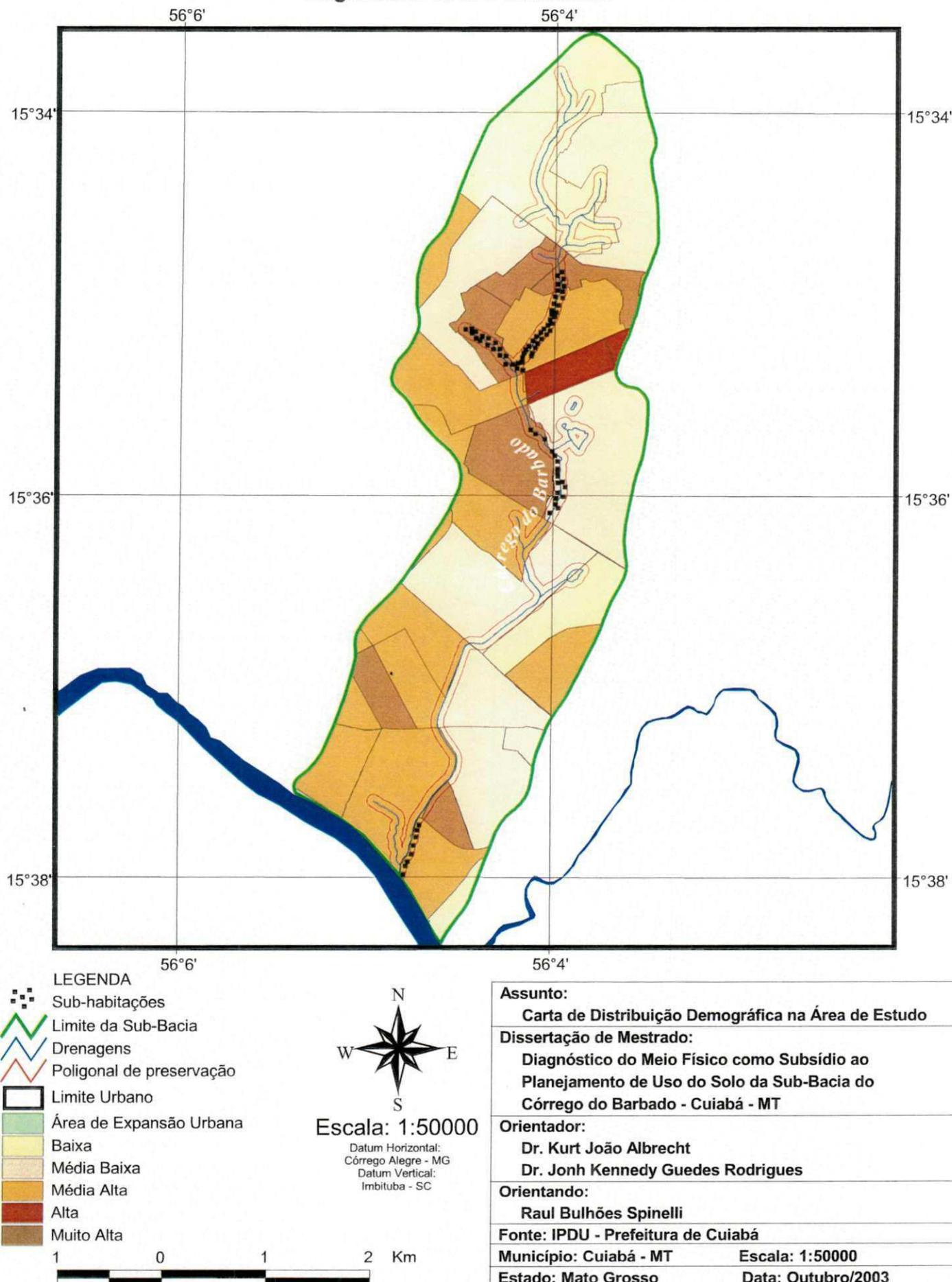


Figura 6 - Carta de Distribuição Demográfica na Área de Estudo

Segundo MIRANDA (2002), o poder público municipal vem atuando de forma sempre atrasada e inconstante em relação ao crescimento urbano, adotando, via de regra, soluções localizadas sem preocupação com a implementação de um planejamento urbanístico prévio e macroorientado. As conseqüências dessa forma de atuação: enorme desperdício na aplicação de recursos públicos, danos irrecuperáveis ao meio-ambiente e o aumento crescente dos problemas sociais.

4.1.5 – Legislação urbana para a área de estudo

As primeiras iniciativas municipais de planejamento urbano surgiram a partir da década de 70, com a elaboração de planos urbanísticos desenvolvidos pelo Serfhau, que contemplam inicialmente diretrizes gerais para o sistema viário, legislações urbanísticas, definição de nomenclaturas de vias e outras ações que nortearam, de forma incipiente, a ação municipal até a promulgação da Constituição Federal de 1988, que exigiu a elaboração de planos diretores para cidades com mais de 20.000 habitantes.

A legislação de uso e ocupação do solo para a área de estudo, de acordo com a lei municipal nº 2.023 de 09/11/82 estabelece a divisão em três categorias de uso:

- i. Zona Estritamente Residencial Unifamiliar, observada nos loteamentos Jardim das Américas I, II e III (com exceção da área comercial), loteamento Jardim Califórnia e bairro Jardim Petrópolis;
- ii. Zona do Centro Político Administrativo;
- iii. Zona Predominantemente Residencial, observada nas seguintes áreas: Morada do Ouro, Jardim Aclimação, Terra Nova, Bela Vista, Dom Bosco, Canjica, Campo Verde, Grande Terceiro, Praieiro, Bosque da Saúde, Jardim Itália, Pedregal, Jardim Leblon, UFMT, Pico do Amor, Jardim Tropical, Praeirinho.

Os marcos legais básicos referentes a parcelamento, uso e ocupação do solo para a cidade são: Lei n° 2.021 de novembro de 1982, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano no Município de Cuiabá, seguindo as posturas estabelecidas pela Lei Federal n° 6 766 de dezembro de 1979; e a Lei n° 2.023 de novembro de 1982, que dispõe sobre o uso do solo urbano no município de Cuiabá.

O Plano Diretor do Município (PDDU) foi aprovado em 1992, e a partir daí surgiram novos instrumentos, como a Lei Complementar 004/92, que traz o Código de Defesa do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, que trata das áreas de preservação permanente (APP):

“Art. 537. Consideram-se áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação situadas:

- I – ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal, cuja largura mínima seja:
 - a) de 30m (trinta metros) para os cursos d’água de menos de 10m (dez metros) de largura;
 - b) de 50m (cinquenta metros) para cursos d’água que tenham de 10m (dez metros) a 50m (cinquenta metros) de largura;
 - c) de 100m (cem metros) para os cursos d’água que tenham de 50m (cinquenta metros) a 200m (duzentos metros) de largura;
 - d) de 200m (duzentos metros) para os cursos d’água que tenham de 200m (duzentos metros) a 600m (seiscentos metros) de largura;
- II – ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de águas naturais ou artificiais;
- III – nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olho d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinquenta metros);...”

Essa Lei traz, também, capítulo específico que trata das unidades de manejo sustentável:

“Art. 590. Ficam criadas as seguintes unidades de conservação de interesse local:

- I – Mata da Mãe Bonifácia...
- V – Mata ciliar do Córrego do Moinho, Gunitá e Barbado...”

MIRANDA (2002) observa que o município de Cuiabá dispõe de um aparato legal atualizado para a gestão urbanística da cidade e de suas áreas de expansão definidas dentro do perímetro urbano. Como exemplo, podemos citar as Leis nº 044/97, nº 3.870/99, nº 3.871/99 e nº 3.872/99, que estabelecem os padrões mínimos e máximos de intensidade de ocupação do solo, sendo que as Leis nº 3.871/99 e nº 3.872/99 instituem, para aprovação de empreendimentos enquadrados na sub-categoria alto impacto não segregável, a figura do “Relatório de Impacto Urbano”, a ser submetido a processo de audiência pública e posteriormente ao Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano.

Essas Leis incorporam conceitos atuais através de instrumentos para gestão do uso e ocupação do solo, lembra esse autor. A “transferência de potencial construtivo”, o “parcelamento compulsório”, o “imposto territorial urbano progressivo no tempo” e a “desapropriação com títulos da dívida pública”, são conceitos contemplados nessas Leis que retratam os instrumentos regulamentados pela Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade. Esses instrumentos estão sendo implementados pela administração municipal, na tentativa de tornar a ocupação urbana mais planejada em relação ao uso de áreas mais adequadas do ponto de vista ambiental e da disponibilidade de infraestrutura existente, evitando-se indiretamente a formação dos chamados vazios urbanos.

A Lei Estadual nº 7.506, de 21/09/01, cria o Parque Estadual Massairo Okamura, onde se localizam nascentes do córrego do Barbado.

A Lei Complementar nº 044/97, que trata do uso e ocupação do solo, em fase de regulamentação, estabelece novas zonas para a área de estudo:

- i. Zona de Interesse Social I, que compreende basicamente as ocupações espontâneas: Castelo Branco, Pedregal e Praeirinho;
- ii. Zonas Centrais, que compreendem as zonas de centros regionais e sub-centro;
- iii. Zona de Uso Múltiplo;
- iv. Zona de Expansão Urbana;
- v. Zona Residencial Unifamiliar, que compreende os loteamentos Jardim das Américas I, II e III, Jardim Califórnia e Jardim Itália;
- vi. Zona de Interesse Ambiental.

4.2 – Componentes do meio físico

4.2.1 – Climatologia

A área em questão está inserida na região denominada Baixada Cuiabana.

Os dados meteorográficos levantados no período entre os anos de 1989 e 2000 mostram de setembro a abril médias mais altas de temperatura, e nos meses de maio a agosto registram-se as menores médias. A Tabela 6-A apresenta as médias da temperatura.

Tabela 6-A
Pressão atmosférica e temperatura do ar - anos 1989 a 2002

Ano	Pressão Atmosférica (mb)	Temperatura do Ar (°C)						Média Compensada
		Média das		Máxima Absoluta		Mínima Absoluta		
		Máximas	Mínimas	Graus	Data	Graus	Data	
1989	994,0	32,3	21,6	40,6	07/10	9,0	07/07	25,5
1990	992,5	32,2	21,9	37,5	17/12	8,2	22/07	25,7
1991	994,1	32,6	22,0	39,2	01/09	10,0	24/07	26,1
1992	993,9	32,0	21,9	38,2	27/08	7,0	24/07	25,8
1993	994,1	32,6	21,7	39,1	04/10	8,3	01/08	25,5
1994	994,0	33,1	22,3	39,7	07/11	6,7	26/06	26,4
1995	993,0	32,7	22,1	40,0	04/09	11,7	22/07	25,7
1996	994,1	32,6	22,1	39,7	14/09	7,0	30/06	26,1
1997	993,8	33,2	22,3	40,3	14/10	11,4	09/06	24,4
1998	994,1	33,4	22,3	39,0	20/10	12,6	21/09	26,2
1999	991,2	33,1	21,2	39,8	15/10	7,9	15/08	26,3
2000	993,9	32,9	21,7	39,4	22/09	8,2	14/07	26,5
2001	994,6	33,4	20,6	39,0	07/09	9,7	23/06	26,3
2002	994,1	33,5	20,8	39,8	25/08	10,9	08/07	26,5

Fonte: Ministério da Agricultura, 9º Distrito de Meteorologia

A distribuição da precipitação anual mostrou diferença de 666,3 mm de chuvas entre o ano mais chuvoso (1996) com 1.920,9 mm e o mais seco (2000) com 1.263,6 mm, conforme pode ser observado na distribuição pluviométrica na Tabela 6-B. Analisando-se a distribuição

média mensal das chuvas no período considerado, verificou-se que a mesma apresenta um comportamento típico de clima essencialmente tropical semi-úmido (das savanas tropicais), categoria AW de acordo com a classificação de Koppen, que segundo MIRANDA (2002) está relacionado às regiões com cotas inferiores a 400 metros.

Tabela 6-B
Precipitação, umidade relativa, evaporação e insolação - anos 1989 a 2002

Precipitação								
Ano	Umidade Relativa (%)	Nebulosidade (0-10)	Altura Total (mm)	Máxima em 24 h		Evaporação Total (mm)	Insolação Total (h. e déc)	Dias com Chuva
				Alt. (mm)	Data			
1989	79	5,6	1.789,0	72,0	05/11	1.585,3	2.479,5	138
1990	80	6,4	1.384,0	70,2	20/10	1.606,5	2.516,5	...
1991	76	6,3	1.488,2	86,6	20/11	1.470,9	2.213,6	109
1992	80	6,6	1.540,5	75,0	26/04	1.487,2	2.250,9	126
1993	79	6,1	1.364,9	101,6	20/11	1.688,8	2.384,4	113
1994	79	5,4	1.781,2	99,2	30/09	1.909,4	2.451,6	120
1995	80	5,9	1.971,8	134,3	16/03	1.740,1	2.158,5	128
1996	81	6,4	1.920,9	88,0	04/02	1.629,7	2.359,9	140
1997	81	6,1	1.503,1	67,0	18/11	1.637,2	2.342,5	129
1998	79	6,1	1.632,7	70,8	11/11	1.632,2	2.295,8	113
1999	77	5,0	1.719,7	100,8	04/03	1.872,8	2.030,5	108
2000	77	5,8	1.263,6	104,4	14/03	1.832,6	2.426,7	124
2001	72	6,4	1.429,1	129,0	25/04	1.912,7	2.169,8	106
2002	71	6,6	1.325,8	132,0	30/10	2.048,3	2.377,7	104

Fonte: Ministério da Agricultura, 9º Distrito de Meteorologia

O clima de Cuiabá caracteriza-se por dois períodos distintos: um de chuvas abundantes nos meses de primavera e verão, e outro de chuvas escassas nos meses de outono e inverno. No verão verifica-se 80% da precipitação pluviométrica anual, que oscila entre 1000 e 1800 mm, sendo comuns trovoadas e as fortes chuvas. Os meses de dezembro e janeiro são os que apresentam os maiores índices pluviométricos; no período seco, nos meses de junho e julho, a precipitação chega a ser nula.

MAITELLI (1994) cita três sistemas de circulação atmosférica que influenciam as características do clima em Mato Grosso:

- i. Sistemas de correntes perturbadas de oeste - linhas de instabilidades tropicais (IT), que se caracterizam pela invasão de ventos de oeste e noroeste, principalmente no final da primavera e do verão;
- ii. Sistemas de correntes perturbadas de norte – da convergência intertropical (CIT), que acarreta chuvas de ‘doldrums’ e que no verão, outono e inverno atingem o Norte de Mato Grosso;
- iii. Sistemas de correntes perturbadas de sul – do anticlone polar e frente polar (FP), que no inverno transpõe a Cordilheira dos Andes, nas latitudes médias, invadindo freqüentemente a região do estado de Mato Grosso, provocando forte declínio na temperatura do ar, com o céu limpo e pouca umidade.

4.2.2 – Geologia

Segundo ALMEIDA (1984), a área de estudo está situada nos Domínios da Faixa de Dobramentos Paraguai, em sua porção interna, localizada às margens do Cráton Amazônico e implantada durante o ciclo Orogênico Brasileiro no Neoproterozóico. Os aspectos da evolução de conhecimento sobre a Faixa Paraguai são apresentados por ALMEIDA e HASUI (1984), que enfocam uma série de propostas de colunas estratigráficas desenvolvidas por autores como Almeida (1964), Almeida (1965), Hennies (1966), Figueiredo e Olivatti (1975), Figueiredo Filho et al. (1975), Netto et al. (1976) e Del Arco et al. (1981).

4.2.2.1 – Grupo Cuiabá

As primeiras observações das rochas do Grupo Cuiabá foram feitas pelo conde FRANCIS DE CASTELNAU (1850), observando a sudeste de Mato Grosso ardósia

altamente inclinada, com calcário, havendo também relatado a ocorrência de filitos e quartzitos na cidade de Cuiabá.

Porém, coube a EVANS (1894) a primeira descrição dessas rochas sob o nome de "*Cuyaba Slates*". Esse autor observou a presença de ardósias altamente clivadas e aparentemente de grande espessura. São também desse autor as primeiras referências sobre os dobramentos da borda sudeste do Craton Amazônico. VECCHIATO (1993).

OLIVEIRA e LEONARDOS (1943) em trabalho denominado "Geologia do Brasil", utilizam o termo "Série Cuiabá" para caracterizar os filitos ardosianos, quartzitos e conglomerados xistosos subordinados, que ocorrem nas redondezas de Cuiabá. Os autores enfatizaram uma grande semelhança com as rochas da Série Minas. ALMEIDA (1954) também observa que em termos litológicos a região apresenta filitos comumente ardosianos e quartzitos subordinados. Projeto Radambrasil (1982).

Uma grande contribuição à evolução geológica da Série Cuiabá, tanto no que se refere às suas litologias, comportamento estrutural, quanto ao ambiente de sedimentação, foi feita por ALMEIDA (1964). Este autor destaca neste trabalho a composição litológica da Série Cuiabá, reconhecendo vários tipos de rochas constituídas de metassedimentos detríticos, predominantemente pelíticos, mas com importante desenvolvimento local de quartzitos, metagrauvas e, subsidiariamente, metaconglomerados.

O termo "Grupo Cuiabá", em substituição a "Série Cuiabá" de ALMEIDA (1964), foi utilizado pela primeira vez por HENNIES (1966), que caracteriza as rochas subjacentes ao Grupo Jangada, sendo este ratificado em seguida por ALMEIDA (1968), acrescentando na seqüência a presença de calcários subordinados e cinzas vulcânicas típicas encontradas em algumas metagrauvas na região de Cuiabá.

LUZ et al. (1980), baseados nos resultados dos mapeamentos geológicos nas escalas 1:50.000 e 1:250.000 do Projeto Coxipó, apresentam uma divisão em oito unidades litoestratigráficas para o Grupo Cuiabá, dando uma grande contribuição para a evolução dos conhecimentos geológicos na região. Nesse trabalho os autores conseguiram em duas fases distintas (I e II) separar e empilhar estratigraficamente essas oito subunidades, assim numeradas (1,2,3,4,5,6 e 7), que ocorrem em ambas as fases; a subunidade 8 e a subunidade

indivisa só ocorrem na fase II. Os autores estimaram a espessura das sete subunidades em torno de 3.100 m, atribuídas a um ambiente de sedimentação glaciomarinha, possivelmente associada a grandes massas de gelo flutuantes e a correntes de turbidez.

LUZ et al. (1980) caracterizam esta unidade (Grupo Cuiabá) como um expressivo conjunto metassedimentar, constituído por metarenitos, metargilitos, metadiamicctitos, metarcósios, filitos sericíticos, filitos carbonosos, além de formações ferríferas, calcários e margas, universalmente metamorfísado na fácies xisto-verde. Esses autores não constataram o contato inferior do Grupo Cuiabá com rochas mais antigas. O contato superior é efetuado por discordância do tipo angular e erosiva com os sedimentos quaternários da Formação Pantanal e Aluviões Recentes. A oeste o Grupo Cuiabá é recoberto pelo Grupo Alto Paraguai, a leste pela Bacia do Paraná e a sul pelo Pantanal Mato-Grossense. VECCHIATO (1993).

ALVARENGA (1988) apresenta estudos demonstrando que os Grupos Cuiabá e Alto Paraguai não são discordantes, mas gradam um para o outro formando uma só unidade litoestratigráfica. Neste trabalho também é apresentado algum aspecto sedimentológico encontrado nas zonas interna e externa do cinturão dobrado Paraguai em Mato Grosso, onde são observada fácies sedimentares correlacionáveis entre as duas unidades tectônicas. O autor propõe um modelo de sedimentação glaciomarinha com correntes de turbidez, e subdivide o pacote em três grandes unidades com base nas suas características sedimentológicas comuns, fazendo-se uma correlação com as principais subdivisões já existentes: Unidade Basal, Unidade Média Turbidítica Glaciogenética, Unidade Média Carbonatada e Unidade Superior Grupo Alto Paraguai.

De acordo com ALVARENGA (op.cit), podem ser distinguidas três principais gerações de veios de quartzo nos metassedimentos do Grupo Cuiabá, associados à evolução estrutural da área. Os veios da primeira geração são deformados pela primeira fase tectônica (D1). Eles encontram-se dobrados concordantemente com as estruturas regionais e mostram um padrão deformacional bastante complexo. A segunda geração é paralela à foliação regional (S1) e foi formada sintectonicamente durante a principal fase de dobramento (D1). A última geração é de veios verticais observados freqüentemente cortando o acamamento, a foliação e as gerações de veios anteriores.

VECCHIATO (1993) definiu a existência de uma estrutura antiforme com caimento para NE, definindo a ocorrência de dois domínios litológicos. O primeiro em Domínio do Núcleo da Antiforme, que subdivide em três unidades (filito laminado, metarenito quartzoso e filitos intercalados com camadas centimétricas a decimétricas de metarenitos), e o segundo, em Domínio Externo da Antiforme, composta por metaparaconglomerados com intercalações subordinadas de filitos de granulometria fina e matriz areno-siltosa, com clastos milimétricos a centimétricos de quartzo, filitos, metarenitos e quartzitos ocorrendo no domínio externo da antiforme.

MIGLIORINI (1999) observa que o Grupo Cuiabá apresenta-se sob a forma de uma anticlinal invertida com caimento para NE, definindo uma estruturação em que os contatos entre os diversos litotipos, as foliações plano-axiais aos dobramentos e as falhas relacionadas às dobras, desenham uma orientação preferencialmente N30° - 40°E. Esse autor dividiu o Grupo Cuiabá, na região metropolitana do município, baseado em mapeamentos sedimentológicos e estruturais, nos seguintes conjuntos litológicos: Formação Miguel Sutil - subdividido em litofácies pelítica com laminação plano-paralela e litofácies argilo-areno-conglomerática; e Formação Coxipó - subdividido em metadiamicititos com matriz argilosa e metadiamicititos com matriz arenosa.

4.2.3 – Geomorfologia

A área de estudo apresenta uma topografia rebaixada e é drenada pelo rio Cuiabá, sendo caracterizada por um relevo de planície, denominada Depressão Cuiabana.

ALMEIDA (1949) denominou-a “Peneplanície Cuiabana”, apresentando uma área deprimida, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas fortemente deformadas e estado avançado de evolução geomórfica. Este autor descreve essa área como uma “planície que se eleva gradativamente para leste até atingir as bordas da Chapada dos Guimarães e da Serra de São Vicente”. Considera ainda que os depósitos quaternários ocorrentes na região como sendo de idade Pleistocênica e se refere ao fenômeno de intensa laterização, descrevendo o solo como “todo coberto por crostas limoníticas consistentes, resultantes da cimentação por limonita dos depósitos aluviais e coluviais”.

ALMEIDA (1959) descreveu o relevo aplainado da depressão como resultado da evolução de uma superfície de erosão que truncou indistintamente as estruturas das rochas metassedimentares, citando como testemunhos alguns morros isolados mantidos em quartzitos, como, por exemplo, o morro de Santo Antônio de Leverger. O autor atribui ao rejuvenescimento dessa superfície a idade Plicênica, porém, anterior ao aluvionamento do Pantanal.

ALMEIDA (1964) adota uma nova denominação para esta unidade, passando a denominá-la “Baixada Cuiabana”, termo também adotado por HENNIES (1966). O primeiro observa a presença de feições resultantes da atuação da erosão em rochas metamórficas heterogêneas, descrevendo que esta “peneplanície possui superfície ondulada, com amplos interflúvios e os rios estão adaptados às direções estruturais”; o segundo considera que esta superfície seja o resultado da atuação de processos erosivo-fluviais sobre as rochas de baixo grau metamórficos do Grupo Cuiabá, facilmente alteráveis e de rápida evolução geomorfológica. VECCHIATO (1993).

LUZ et al. (1980) caracterizam a área como sendo rebaixada, talhada em rochas de resistências variadas aos processos erosivos, apresentando uma topografia com superfícies suavemente arredondadas, com amplos interflúvios, geralmente não elevados mais do que 50 metros do nível dos vales, conferindo-lhe um aspecto ondulado.

A subunidade “Depressão Cuiabana” é referida por ROSS e SANTOS (1982), através do Projeto RadamBrasil, como uma área rebaixada compreendida entre o Planalto dos Guimarães e a Província Serrana. Estreita-se de sul para norte até a altura do paralelo de 15°, quando então se expande para leste, acompanhando o vale do rio Manso. Limita-se a sul com o Pantanal Mato-Grossense, a oeste, a noroeste e norte com a Província Serrana, chegando, por vezes, a interpenetrá-la. Na seção leste, mais precisamente a partir da margem esquerda dos rios Cuiabá e Manso, seu limite se encontra nas faldas do relevo escarpado do Planalto dos Guimarães. Sua topografia, de modo geral, apresenta uma forma rampeada com inclinação de norte para sul. A altitude está em torno de 200 metros no limite sul e atinge os 450 metros no alto vale dos rios Cuiabá e Manso. Apresenta uma dessecação em formas tabulares e, secundariamente, por formas aguçadas (a oeste) e convexas no vale do rio Manso. Na extremidade sudeste ocorre trechos menores de relevo plano.

ROSS e SANTOS (op.cit) relatam que esses relevos foram modelados em litologias do Grupo Cuiabá, representadas por metagrauvacas, metarcóseos, filitos, filitos ardosianos, quartzitos, conglomerados e tilitos, que se apresentam encobertas por material argilo-arenoso com ocorrência de horizonte concrecionário. Essas litologias são recobertas por uma vegetação generalizada de savana arbórea aberta e, secundariamente, savana-parque. Nos fundos de vales encontram-se as matas de galerias de pequena expressão areal. Na parte sudoeste da depressão, em terras drenadas pelos ribeirões Bento Gomes, das Pedras, Espinheiro e outros, o relevo é mais dessecado, abrangendo um extenso conjunto de formas aguçadas, de altimetrias inferiores a 250 metros e entalhamento fraco de drenagem. Essas formas demonstram um forte controle estrutural, com direcionamento NE-SO e apresentam uma cobertura detrítica, constituída de um pavimento com blocos angulosos de quartzo e quartzito, com diâmetros de 2 a 10 cm. Interpenetrando este conjunto, estão as formas convexas com interflúvios de dimensionamento mediano e canais de drenagem fracamente entalhados. Nesta área as rochas do Grupo Cuiabá estão representadas por filitos e filitos quartzíticos, que são determinantes no direcionamento da drenagem e do relevo da área. Onde ocorrem estas formas de relevo, geralmente encontra-se um pavimento detrítico que determina um tipo de solo litólico, o qual se estende por todo o quadrante SW da depressão.

Ao norte da depressão, acompanhando paralelamente as escarpas meridionais da serra Azul, ocorre um conjunto de relevo com formas convexas. Entre elas ocorrem interpenetrações de formas planas um pouco mais baixas. Estes relevos foram esculpidos em margas, calcários e dolomitos pré-cambrianos da formação Araras, apresentando solos litólicos e a cobertura vegetal se caracteriza pela savana arbórea.

A leste e sudeste da cidade de Cuiabá ocorre extensa área de relevo plano, moldada em rochas do Grupo Cuiabá e principalmente em sedimentos quaternários. Neste trecho há solos de tipo laterita hidromórfica e vegetação de savana aberta. As formas de acumulação representadas pelas planícies aluviais são encontradas em duas áreas no vale do rio Cuiabá: no alto curso, a montante da confluência do ribeirão do Engenho, onde ocorre planície com terraço fluvial numa extensão longitudinal de aproximadamente 50 Km, e ao sul da cidade de Cuiabá, aonde as planícies vão se abrindo, atingindo uma largura de aproximadamente 15 Km no local em que se abre para o Pantanal, apresentando lagos de meandros, de barragens e canais assoreados, caracterizando o aspecto de acumulação recente destes sedimentos. Ocorrem também, nesta região, áreas deposicionais sujeitas a inundações frequentes,

correspondentes ao limite norte das Planícies e Pantanaís Mato-Grossenses. Tal situação é observada nas bacias dos rios Aricá-Açu e Aricá-Mirim, tributários da margem esquerda do rio Cuiabá. Nestas áreas predomina a laterita hidromórfica.

Esses autores observam que nesta subunidade, de modo geral, a drenagem sofre forte controle estrutural. Tanto os grandes como os pequenos cursos d'água estão muito influenciados pelos direcionamentos estruturais preferenciais (NE-SO) das rochas do Grupo Cuiabá. O rio Cuiabá tem suas nascentes na sinclinal da serra do Cuiabá-Morro Selado, em área da Depressão Interplanáltica de Paranatinga. Nesse rio, desde as nascentes até sua foz, verifica-se que seu leito apresenta muita sinuosidade em forma de cotovelo, bem como alternância de direções em seu curso, que ora se posicionam NE para SO, ora de SE para NO, adaptando-se aos lineamentos estruturais e às linhas de falha. Os seus principais afluentes desenvolvem cursos adaptados a estas estruturas.

4.2.4 – Pedologia

Na região de estudo, assim como em toda área denominada “Baixada Cuiabana”, desenvolvem-se poucas unidades pedológicas.

Nos trabalhos desenvolvidos para o Projeto Coxipó, LUZ et. al (1980) relataram o escasso desenvolvimento de unidades pedogenéticas. Esses autores identificaram e caracterizaram três tipos litológicos:

- i. Solos regolíticos: solos imaturos e de pouca espessura, compostos por fragmentos de rocha e quartzo leitoso, dispersos em uma matriz geralmente arenoargilosa. Predominam na Baixada Cuiabana, onde afloram os litotipos do Grupo Cuiabá, e representados, na maioria das vezes, por extensas cascalheiras resultantes dos processos erosivos sobre os materiais dos litotipos subjacentes;
- ii. Solos halomórficos: encontrados basicamente em áreas sujeitas à inundação periódica, sendo confinados a áreas vizinhas aos rios e córregos existentes na região;

- iii. Solos aluviais: solos arenosos, argilo-arenosos e argilosos, sendo às vezes pedregosos, originados de sedimentos aluvionares depositados às margens dos cursos d'água.

OLIVEIRA et al. (1982), em estudos desenvolvidos para o Projeto Radambrasil, assinalam na Depressão Cuiabana a ocorrência de solos concrecionários, originados nos relevos de formas tubulares. Nos relevos de formas aguçadas, a oeste, os solos litólicos concrecionários, e a nordeste, no vale do rio Manso, ocorrem os cambissolos associados a solos litólicos e solos concrecionários. Mais raramente, em regiões menos alteradas pela erosão, encontram-se os latossolos vermelho-amarelos e solos podzólicos vermelho-amarelos. A sudeste, na área em que ocorre o relevo aplainado, moldado nos sedimentos inconsolidados quaternários da Formação Pantanal, há ocorrência de solos hidromórficos, principalmente a laterita hidromórfica.

Os autores citam também a presença bastante expressiva, nas proximidades de Cuiabá, dos solos concrecionários álicos e distróficos, caracterizados pela baixa fertilidade natural (distróficos), assim como, em vários casos, pela elevada saturação com alumínio trocável (álicos). Esses solos são desaconselháveis para o uso agrícola devido à grande quantidade de concreções ferruginosas no corpo do solo, dificultando a caracterização dos horizontes e constituindo forte impedimento à mecanização e ao desenvolvimento de raízes.

OLIVEIRA et al. (op.cit.) mostram a presença de lateritas hidromórficas álicas, basicamente ao longo do rio Cuiabá, em suas planícies e pantanais, áreas muito baixas possíveis de inundação. Nestas regiões os solos apresentam condições de drenagem imperfeita, com lençol freático próximo ou muito próximo à superfície em parte do ano. Nas barrancas do rio Cuiabá e de seus principais afluentes ocorrem a presença de solos aluviais, de formação recente e imaturos, desenvolvidos a partir dos sedimentos aluvionares. Os solos encontrados nas áreas de várzeas são de tipo glei pouco húmico, apresentando limitações por baixa fertilidade natural, à exceção de trechos nas margens do rio Cuiabá, onde são eutróficos.

VECCHIATO (1993), em trabalho geotécnico para o município de Cuiabá, subdivide os materiais inconsolidados do tipo residual em residual de topo e residual de vertente. A primeira unidade ocorre nas partes mais elevadas, correspondendo ao topo das colinas. Resulta da alteração 'in situ' das rochas do Grupo Cuiabá. Sua estrutura influenciada pelas rochas apresenta uma textura siltoargilosa proveniente da alteração do filito, e outra textura

arenosiltosa proveniente da alteração dos metarenitos, metarcósios e metaparaconglomerados. A unidade residual de vertente apresenta os mesmos tipos de material da unidade anterior.

4.2.5 – Flora

A região estudada é constituída basicamente por fitofissionomias de cerrado, campo cerrado, campos pantanosos, mata ciliar e localmente a presença de várzeas. LUZ et al. (1980) citam também a presença de manchas de cerradão nas partes mais baixas das bacias.

AMARAL e FONZAR (1982) relatam que os estudos para esta fitofissionomia é antiga e originária da Venezuela, com a denominação inicial de savana. No século XV foi levada para a África pelos naturalistas espanhóis e conceituada como um lhano, “formação herbácea graminosa contínua, em geral coberta de plantas lenhosas”. Esses autores mostram que estudos desenvolvidos por Warming (1973) relatam que data de 1908 a designação desta vegetação como de campos cerrados, denominação aprovada por Rawitscher (1944) e seus seguidores. No Centro-Oeste brasileiro é conhecida por cerrado e no sul por campos, nomes consagrados popularmente e adotados por alguns fitogeógrafos. Segundo estes, tal vegetação compreende “...as várias formações herbáceas da zona neotropical, intercaladas por pequenas plantas lenhosas, até arbóreas, em geral serpenteadas de floresta-de-galeria”. (AMARAL & FONZAR, 1982).

Essa vegetação é caracterizada pela predominância de fenerófitas, caméfitas, hemicriptófitas e poucas geófitas (AMARAL & FONZAR, 1982; VECCHIATO, 1993). Os fatores ecológicos naturais aliados aos antrópicos proporcionam a variação que vai desde uma vegetação constituída por espécies lenhosas herbáceas (savana arbórea aberta, savana-parque e savana gramínea lenhosa), geralmente serpenteada de florestas de galeria, até o clímax do tipo arbóreo (savana arbórea densa).

VECCHIATO (1993) relata que o cerrado caracteriza-se por apresentar dois estratos: o superior, formado por pequenas árvores e arbustos retorcidos com folhas geralmente graúdas, ásperas e duras e normalmente muito pilosas; e o estrato inferior, constituído por um tapete gramíneo-lenhoso.

A diferença na estrutura da vegetação depende principalmente do tipo de solo, da profundidade do nível d'água e da composição mineralógica da rocha matriz (AMARAL & FONZAR, 1982).

O "Diagnóstico florístico e faunístico da cidade de Cuiabá" (1990) e estudos do Projeto Radambrasil (1982) indicam as seguintes formações vegetais para a área:

- i. Cerrado (savana arbórea aberta): vegetação dominante na região, caracterizada por árvores com cerca de 4 m de altura, de caule e ramos retorcidos, suberosos, folhas coriáceas, cujas copas se tocam. Caracteriza-se também por apresentar um tapete gramíneo-lenhoso contínuo, entremeado de árvores gregárias, geralmente raquíticas, e palmeiras anãs, degradadas pelo fogo anual, sendo encontrada mais freqüentemente em áreas areníticas lixiviadas e solos concrecionários, em clima tropical. Apresenta uma composição florística semelhante à do cerradão, porém com a estrutura mais aberta e mais baixa;
- ii. Cerradão (savana arbórea densa): tipo vegetacional florestal do cerrado, de vegetação mais densa, com entrelaçamento das copas e altura em torno de 8 metros, encontrado principalmente nas áreas areníticas lixiviadas e solos concrecionários de clima tropical, eminentemente estacional. Suas principais características estruturais são representadas por uma vegetação arbórea xeromórfica, de esgalhamento profuso, com espécimes providos de grandes folhas coriáceas e perenes, casca corticosa, sem estrato arbustivo nítido e com um tapete graminoso hemicriptofítico, em tufo, entremeados de plantas lenhosas raquíticas, providas de xilopódios e palmeiras-anãs. Suas árvores e arbustos sempre são menos tortuosos;
- iii. Mata ciliar: vegetação marginal de um corpo d'água, considerada até cerca de 10 metros da margem do corpo d'água. Sua estrutura apresenta espécies de rápido crescimento, em geral de casca lisa, alcançando grandes alturas. Frequentemente aparecem troncos em forma de botija e raízes tubulares, não apresentando dossel emergente;
- iv. Mata semidecídua: formação vegetacional florestal, de espécies arbóreas com estrato contínuo de cerca de 10 metros. Cerca de metade de suas espécies são decíduas.

- v. Mata de encosta: formação vegetacional florestal, localizada sobre um relevo acentuado.
- vi. Campos cerrados (savana-parque e savana gramíneo-lenhosa): fitofissionomias essencialmente herbáceas, naturais ou antrópicas, com árvores ou arvoretas esparsas. São freqüentemente encontradas nas áreas encharcadas das depressões ou em solos onde a litologia não permite o desenvolvimento de árvores mais densas. Na forma antrópica é encontrada em todo o cerrado alterado pela ação do homem, ou em áreas de pastagem.

A composição florística das áreas de cerrados e campos cerrados, segundo AMARAL e FONZAR (op.cit), tem como principais espécies a lixeira "*Curatella americana*", o pau-terra "*Qualea sp*", o pau-santo "*Kielmeyera coria*", o pequi "*Caryocar brasiliensis*", a peroba-do-campo "*Aspidosperma sp*", a lobeira "*Solanum sp*", a murici "*Byrsonima crassiflora*", a mangaba "*Hancornia speciosa*", o timbó "*Magonia pubescens*", o araticum-do-campo "*Anona coriacea*". No estrato herbáceo as principais são o capim-mumbeca "*Paspalum repens*", o capim-flexa "*Tristachya leiostachya*", o capim-barba-de-bode "*Aristida pallens*" e o capim-mimoso "*Panicum capilaceo*".

Já na mata ciliar, ao longo dos cursos d'água, desenvolvem-se as matas de galeria, caracterizadas pela presença de espécies vegetais com variações no tamanho (de pequeno a grande porte), destacando-se o saram-do-brejo "*Alchornia Castanaefolia*", o cambará "*Vochsysis pohl*", o jatobá "*Hymenaea courbaril*", o paratudo "*Linnimmodendron axibare*", o buriti "*Mauritia vinifera*", a gameleira do gênero *Ficus*, o babaçu "*Orbignia martiana*" e o ipê roxo "*Tecoma impertiginosa*" e amarelo "*Tecoma chrysostricha*".

VECCHIATO (1993) identifica áreas utilizadas para plantações de hortas e culturas de arroz, milho, feijão e principalmente cana de açúcar, ao longo das margens dos rios Cuiabá, Coxipó e seus principais afluentes. Na região é muito comum o uso dos cerrados e campos cerrados como pastagens nativas, ocorrendo parcelas de pastagens cultivadas, intercaladas nas pastagens nativas.

4.3 – Recursos hídricos

4.3.1 – Análise hidrográfica

A região de Cuiabá tem como principal curso d'água o rio Cuiabá. Possui as suas nascentes na sinclinal da serra do Cuiabá - morro Pelado. Seu curso é ligeiramente concordante com a direção geral das estruturas até a altura do paralelo de 15°, quando recebe pela margem esquerda o ribeirão de Engenho. A partir daí toma direção S-SE, cortando transversalmente a direção estrutural do Grupo Cuiabá.

Segundo VECCHIATO (1993), muito importa avaliar o sistema da bacia hidrográfica, pois é grande a relação existente entre esta unidade e os fatores do meio físico como os geológicos, geomorfológicos, pedológicos e suas interações. A não-observância das limitações do meio físico em que são inseridas estas bacias comprometem significativamente todo um conjunto ambiental, causando uma série de fatores destrutivos como a perda de qualidade da água, as enchentes periódicas, os assoreamentos e as erosões aceleradas.

A sub-bacia do Barbado é considerada como um sistema aberto, recebe energia do clima reinante sobre a bacia, e perde energia através do deflúvio. Pertence à bacia hidrográfica principal do rio Paraguai e a sub-bacia do rio Cuiabá. Suas nascentes localizam-se em área próxima ao Bairro Morada do Ouro, tendo sua cabeceira posicionada na altitude de 235m, e sua foz na altitude de 148m.

Na Tabela 7, encontram-se detalhadas as características físicas, demográficas, o número de economias de água e esgoto correspondente a sua área de drenagem.

Tabela 7
Características principais da sub-bacia

sub-bacia	população abastecida (hab.) ¹	área de drenagem (ha)	extensão (km)	densid. (hab/ha)	nº economia de água (ud)	nº economia de esgoto (ud)	carga orgânica estimada (kg/dbo/d) ²
Barbado	70.290	917	7,2	74	16.945	4.980	3,8

FONTE: Agência municipal de saneamento (2000). ¹ População abastecida = 4,03 hab. x nº de economias. ² Carga orgânica per capita 54g/DBO/d

A sub-bacia do Barbado tem sua rede hidrográfica ilustrada na Figura 7. Sua drenagem moderada, da ordem de 3,02 Km/Km², se explica pela predominância de solos arenoargilosos, de média infiltração e média permeabilidade. Na região norte, a montante da sub-bacia, encontram-se suas principais nascentes, relativamente preservadas em sua vegetação. Nas áreas central e sul da sub-bacia presença de áreas de várzeas e embaciados, sujeitas a inundações na época de chuvas. A Figura 8 ilustra as condições fisiográficas da área de estudo e sua articulação com a ocupação urbana.

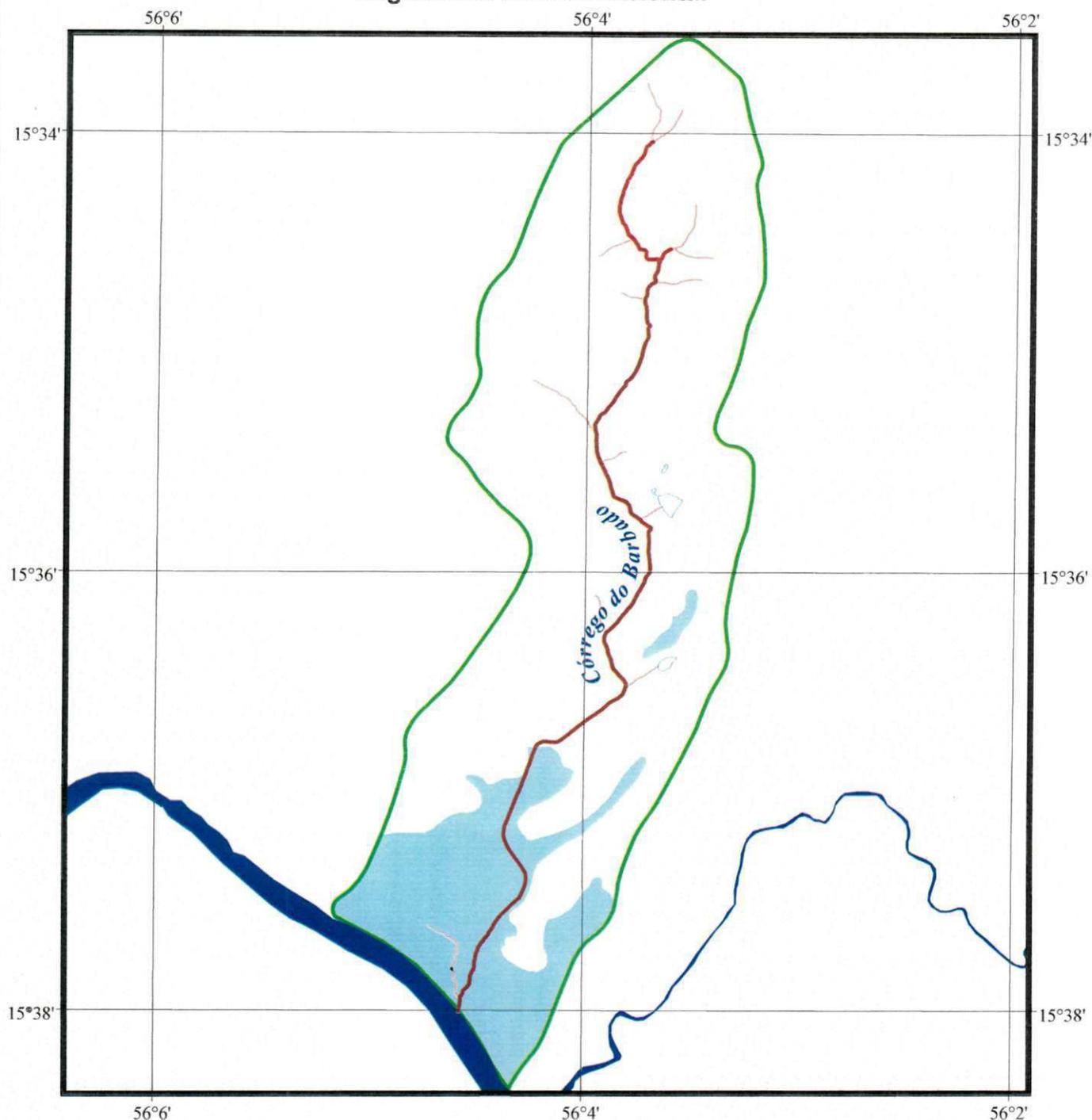
A sub-bacia possui área de drenagem de 917 hectares, comprimento axial de 7,21 Km, largura média de 1,40 Km, coeficiente de escoamento superficial de 0,40, tempo de concentração 72,00 minutos (1,20 h), intensidade média de chuva de 57,00 mm/h, vazão máxima de escoamento de 57,86 m³/s, vazão específica máxima de 5,58 m³/s/Km², declividade média de 2,73% (relevo suave), fator forma de 0,15, índice de compacidade de 2,13 e com padrão de drenagem paralelo.

A ordem dos cursos d'água foi feita baseada no método de STRAHLER (1952), em que os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem, e assim sucessivamente, como mostra a Figura 7.

A alta taxa de urbanização da sub-bacia e o conseqüente processo de impermeabilização, além da ocupação de áreas ribeirinhas, vêm provocando a incidência cada vez mais freqüente de eventos de inundação em vários pontos desta área, não raro resultantes em mortes e prejuízos materiais. Correlativamente, MIRANDA (2002) mostra que as obras de pavimentação de parte significativa do sistema viário e as correspondentes obras de microdrenagem têm levado à multiplicação dos eventos que sobrecarregam aquelas estruturas hidráulicas, na época das chuvas.

Dessa forma, continua o autor, as intervenções necessárias à correção da situação descrita devem incluir o respeito aos ciclos naturais, novas posturas de utilização do solo, trabalhos de educação ambiental e políticas mais ativas e eficazes de controle e gestão da ocupação urbana.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA

-  Limite da Sub-Bacia
 Ordem dos cursos d'água
 Classificação de Strahler:
 1
 2
 3
 Área de alta susceptibilidade à ocorrência de inundação



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Assunto:

Carta de Classificação da Rede Hidrográfica

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: IPDU - Prefeitura de Cuiabá

Município: Cuiabá - MT

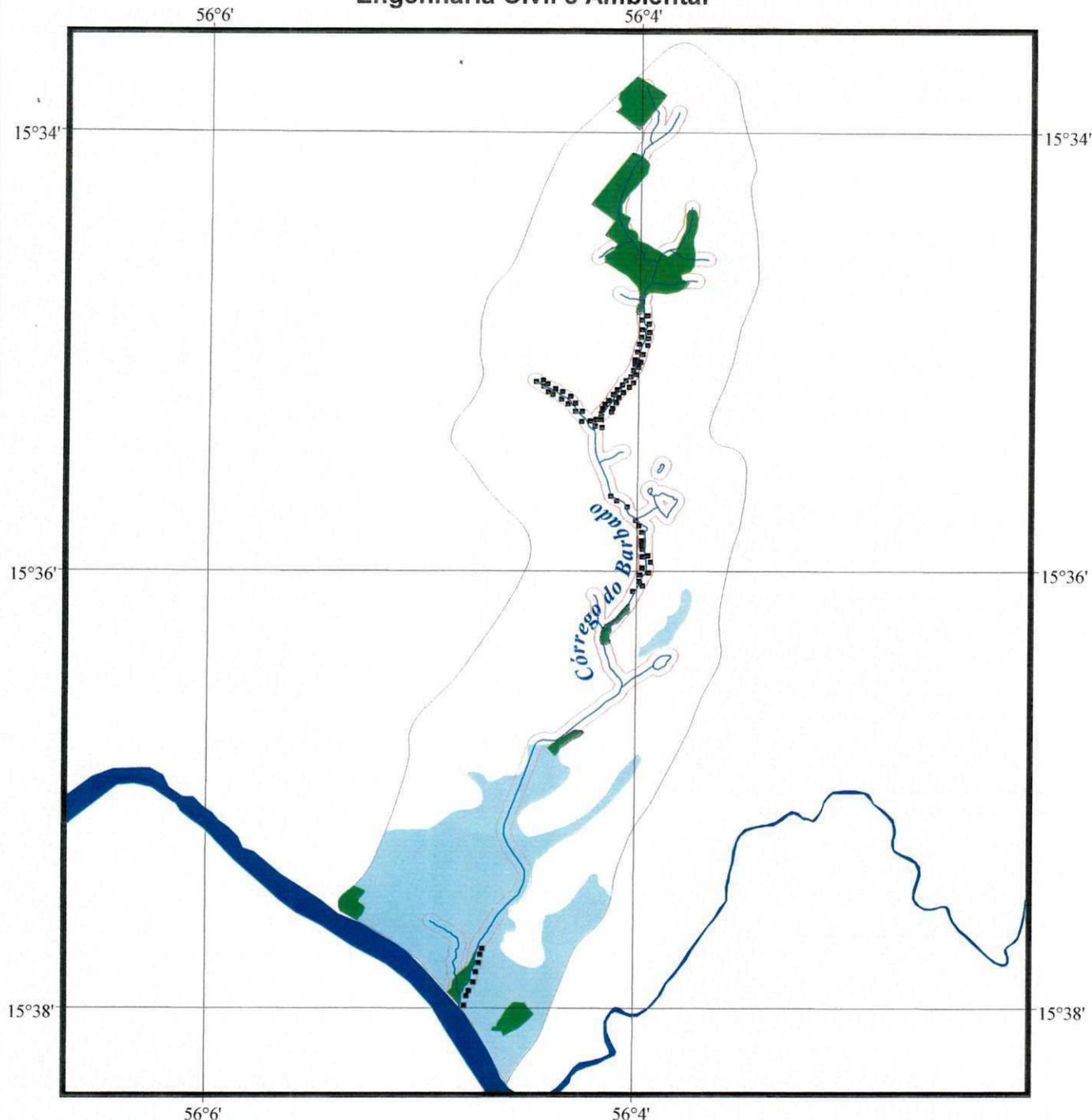
Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 07- Carta de Classificação da Rede Hidrográfica

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



- LEGENDA**
- Drenagens
 - Limite da Sub-Bacia
 - Sub-habitações
 - Poligonal de preservação
 - Vegetação ripária
 - Área de alta susceptibilidade à ocorrência de inundação



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Assunto:

Carta de Vegetação Ripária

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: Modificado de VECCHIATO (1993)

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 8 - Carta de vegetação ripária

4.3.1.1 – Hidrogeologia

Em seu trabalho de doutorado “Hidrogeologia em meio urbano - Região de Cuiabá e Várzea Grande-MT”, MIGLIORINI (1999) estudou a correlação entre as litologias e o armazenamento e a circulação das águas subterrâneas. Do seu estudo pode-se extrair a informação de que 11% do volume anual de chuva na bacia infiltra-se no subsolo e que a recarga profunda desse aquífero representa aproximadamente 8% daquele volume.

O sistema aquífero da região é do tipo livre heterogêneo e anisotrópico, com intensa variação lateral e em profundidade, apresenta baixa porosidade pela constituição do Grupo Cuiabá ser de filitos. A água subterrânea encontra-se preferencialmente nas descontinuidades das rochas como fraturas, fissuras, diáclases e outras, isto é, nas porosidades secundárias. A trama e a intensidade destas descontinuidades definem o potencial do aquífero. As rochas com este tipo de armazenamento e circulação de águas subterrâneas em hidrogeologia são conhecidos como aquíferos fissurais. A produtividade das zonas aquíferas dependerá das características do manto de alteração e do grau de fraturamento das rochas. As melhores situações são aquelas com um manto de alteração predominantemente arenoso, com grande espessura, sobreposto a rochas com elevado grau de fraturamento. Situações intermediárias e em diferentes proporções poderão ser encontradas na área de estudo.

MIGLIORINI (op.cit.) mostra que as descargas são realizadas através de fraturas e falhas geológicas existentes na região. Por estas estruturas as águas migram para áreas de topografia mais baixa, dando origem a pequenos córregos e áreas alagadiças, muito comuns na região.

Verificou-se pelos mapas potenciométricos que as águas subterrâneas tendem a fluir das regiões de topografia mais alta para as regiões de topografia mais baixa. Observou-se também que a principal área de recarga tem direção NE-SW, concordante com o *trend* regional e que, aparentemente, coincide com a zona de charneira da antiforme invertida.

De uma forma geral, segundo esse autor, podem-se separar dois domínios hidrogeológicos para a área de estudo. Um é o domínio da Formação Miguel Sutil, que ocupa

praticamente toda a porção central e norte da sub-bacia. E outro domínio é o da Formação Rio Coxipó, que ocupa principalmente a porção sul da sub-bacia.

Na Formação Miguel Sutil, os metassedimentos apresentam diferenças na existência de fraturas e veios de quartzo. As litofácies pelíticas com laminação de plano paralelo apresentam baixa intensidade de fraturas e veios de quartzo, tendo comportamento mais dúctil (foliação e dobras). Por outro lado, as litofácies argiloarenoconglomerática mostram-se extremamente diaclasadas, com diferentes famílias de junta, e ricas em veios de quartzo de várias gerações, apresentando comportamento de forma rúptil, ou seja, sofrem rupturas e deslocamentos das falhas. MIGLIORINI (op.cit.) relata que essas diferenças são resultado do comportamento mecânico das duas litofácies quando submetidas à ação de esforços. Essas características mostram que, nas litofácies argiloarenoconglomeráticas, encontramos as melhores condições de armazenamento e circulação de água subterrânea.

A textura das rochas é outro parâmetro que influencia a condutividade hidráulica. A litofácies pelítica tem sua foliação definida pela riqueza de micas orientadas, que dificultam a infiltração de água subterrânea; por outro lado, a litofácies argiloarenoconglomerática, especialmente a mais grosseira, apresenta uma textura granular, resultando em uma maior porosidade e permeabilidade.

A alteração da litofácies argiloarenoconglomerática forma um solo arenoso muito propício à infiltração de águas pluviométricas, formando excelentes áreas de recarga, e a alteração da litofácies pelítica forma um solo argiloso, laterizado e de pequena profundidade, que retém a infiltração das águas pluviométricas.

Na Formação Rio Coxipó, os metassedimentos estão representados por duas associações litológicas: os metadiamicritos de matriz argilosa com raras intercalações de areia fina a média, e os metadiamicritos de matriz arenosa intercalada a arenitos médios e grossos. Nesta última se observam as melhores condições aquíferas desta formação, na qual as melhores áreas de recarga encontram-se nos solos podzólicos vermelho-amarelos de textura médio-arenosa, conhecidos na região como areia de goma.

Ainda segundo MIGLIORINI (op.cit.), na região da Baixada Cuiabana, a profundidade do nível de saturação das águas subterrâneas varia entre 0 e 46m, com média de 9m e mediana

de 8m. A grande maioria dos poços (88%) possui a profundidade do nível estático inferior ou igual a 15m, o que indica águas subterrâneas pouco profundas e muito vulneráveis à contaminação. A vazão dos poços comporta-se de forma muito heterogênea, com média de 13,7m³/h e mediana de 10m³/h. A maioria dos poços (70%) apresenta vazões inferiores ou iguais a 15 m³/h e 69% possuem vazão menor que a média.

Com relação à qualidade das águas subterrâneas, observa-se por esse estudo, boa qualidade, com baixas concentrações dos principais parâmetros físico-químicos estudados, ao contrário do que se apresenta na análise dos parâmetros bacteriológicos, que mostram valores elevados. Os resultados das análises físico-químicas denotam valores elevados de ferro, cor e turbidez. As concentrações elevadas de ferro são decorrentes da lixiviação do solo laterítico e das piritas, disseminadas tanto nos filitos como nos metadiamiclitos. As concentrações elevadas de cor e turbidez podem ser explicadas pela alta concentração de ferro nestas águas e pela má construção dos poços. As análises bacteriológicas das águas subterrâneas mostram elevada concentração de coliformes fecais, devido aos problemas de saneamento básico da região (grande quantidade de fossas sépticas, sumidouros), ao meio fraturado e às técnicas inadequadas construtivas dos poços tubulares profundos. As zonas aquíferas da região estudada apresentam grau de vulnerabilidade geralmente alto em relação à poluição das águas subterrâneas. O manto de alteração e as fraturas das rochas apresentam-se normalmente vulneráveis à infiltração de poluentes, principalmente coliformes. Nas áreas onde a espessura da zona não saturada é maior, o aquífero tem maior poder de autodepuração; nas áreas onde o nível de água é raso a vulnerabilidade à contaminação aumenta.

Trabalhos desenvolvidos por MIGLIORINI (1999) e CARVALHO (2002), com base nos dados obtidos em relatórios dos poços tubulares profundos perfurados por empresas particulares, pelas companhias de saneamento do Estado de Mato Grosso (Sanemat) e pela Agência Municipal de Saneamento (Sanecap), possibilitaram a elaboração de carta com a indicação da profundidade do nível d'água de um poço em repouso (nível estático), mostrada na figura 9.

4.3.1.2 – Análise das águas superficiais

Os poluentes lançados nos corpos d'água podem ser agrupados em duas grandes classes: pontual e difusa. Segundo RONDON LIMA (2001), os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor. Já as fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso da terra e melhoria de programas de educação ambiental.

DAVIS et al. (1998), citado por RONDON LIMA (2001), definem as principais categorias de poluentes que compõem cada classe como se pode observar na tabela 8, na qual os poluentes de maior representatividade incluem o material orgânico que causa a deficiência de oxigênio nos corpos d'água; os nutrientes, que provocam o excessivo crescimento de algas nos lagos, reservatórios, rios e mares; os organismos patogênicos; o material em suspensão; os metais pesados; o material orgânico tóxico e o calor. Este estudo concentrou-se na análise das categorias presentes nas fontes pontuais, decorrentes do lançamento dos esgotos domésticos, muito embora se tenha caracterizado os efluentes industriais na bacia.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

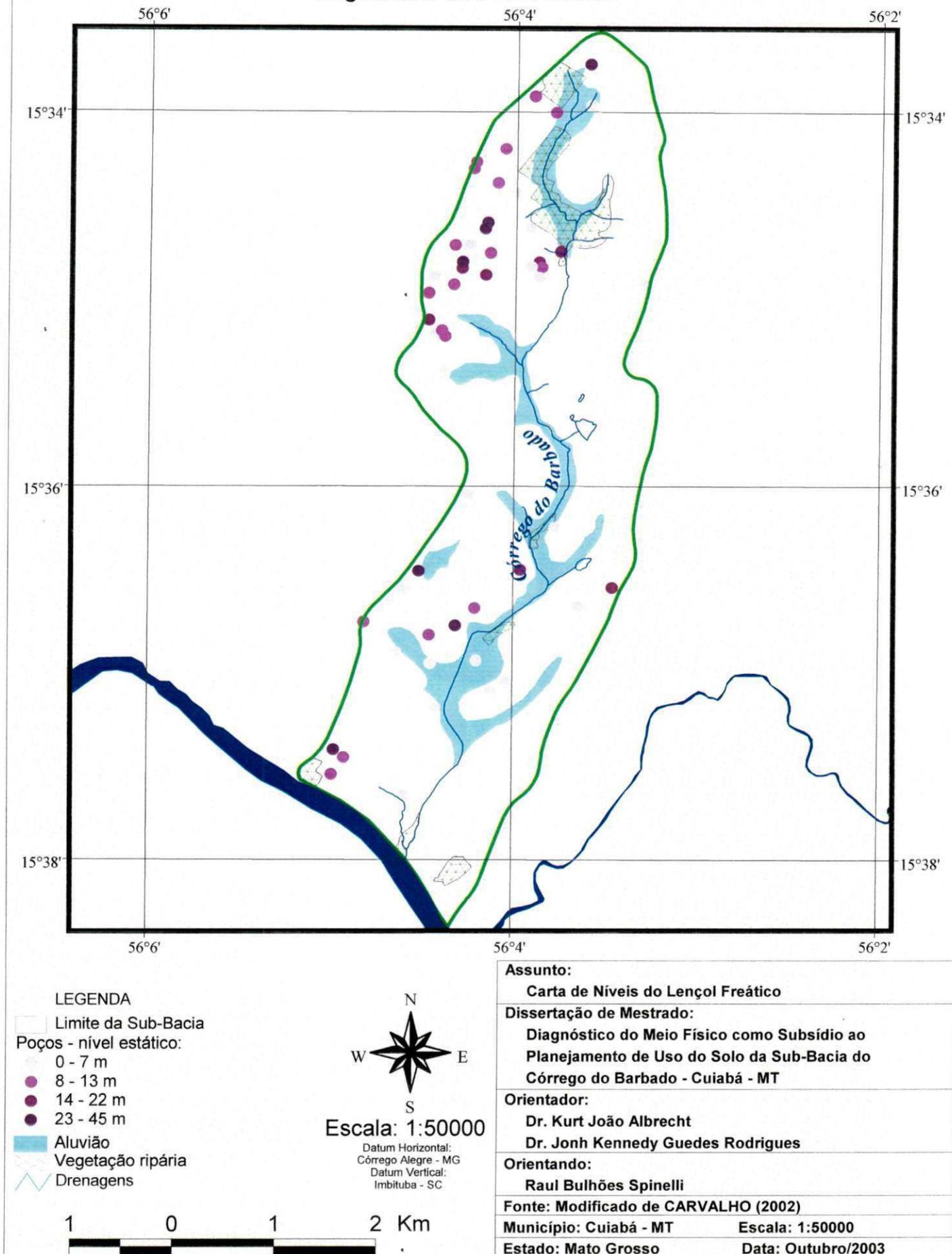


Figura 9 - Carta de Níveis do Lençol Freático

Tabela 8
Categoria dos maiores poluentes por principais fontes.

Categoria dos Poluentes	Fontes Pontuais		Fontes Difusas	
	Esgoto doméstico	Esgoto industrial	Escoamento agrícola	Escoamento urbano
Demanda de material orgânico	X	X	X	X
Nutrientes	X	X	X	X
Patogênicos	X	X	X	X
Sólidos Suspensos / Sedimentos	X	X	X	X
Sais		X	X	X
Metais tóxicos		X		X
Materiais orgânicos tóxicos		X	X	
Calor		X		

Fonte: DAVIS et al. (1998)

A demanda do material orgânico define-se como qualquer composto que pode ser oxidado no corpo receptor com consumo do oxigênio molecular. Este material é geralmente composto por matéria orgânica biodegradável, mas inclui certos compostos inorgânicos. O consumo de OD causa uma ameaça às formas de vida aquática que dependem do oxigênio para viver. Os níveis críticos de oxigênio variam entre espécies mais exigentes, como as trutas que requerem cerca de 7.5 mg/l de OD, até as menos exigentes, como as carpas e cascudos (peixes da região), que podem sobreviver com até 3 mg/l.

O nitrogênio e o fósforo, presentes nos rios e lagos, constituem dois nutrientes básicos, que dão suporte à cadeia alimentar. Os problemas advindos do aumento dessas concentrações refletem-se na proliferação de algas, no efeito tóxico da amônia nos peixes e nos déficits de oxigênio, consumido nesse processo. A severidade da poluição é governada pela intensidade dos poluentes e pela capacidade de assimilação dos corpos d'água, dependentes das condições físicas, químicas e biológicas.

A presença dos coliformes está relacionada ao potencial de contaminação da água por patogênicos. Essas bactérias não são normalmente patogênicas, mas são organismos de presença obrigatória, em grande número, no intestino humano, e, portanto, na matéria fecal, sendo, assim, utilizadas como organismos indicadores de contaminação fecal.

Como dissemos, RONDON LIMA (op.cit.) mostra que a severidade da poluição não é determinada apenas pela intensidade desses poluentes, mas pela capacidade de assimilação dos corpos d'água, que dependem das interações entre as condições físicas, químicas e biológicas desse ambiente. A ação antropogênica sobre o meio aquático é a que mais suscita essas alterações - os rios vêm sendo, ao longo dos anos, utilizados como depósitos de rejeitos.

O esgoto doméstico lança elevadas cargas orgânicas, a indústria uma série de compostos sintéticos e metais pesados, e a atividade agrícola pesticidas e fertilizantes.

A seguir caracterizar-se-ão os principais parâmetros analisados neste estudo, seus conceitos e definições, enfatizando-se, ainda, os aspectos naturais de cada um deles sem a influência e interferência da ação antrópica. Destacar-se-ão, ainda, os efeitos da poluição, do ponto de vista de diversos autores, e os limites estabelecidos pela Resolução Conama 20, que fixa os valores para os padrões de diferentes classes de corpos receptores. A Tabela 9 apresenta os limites para um rio de classe II e indica, ainda, os usos a que se destinam essas águas.

Tabela 9
Alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Resolução 20 – Conama.

Parâmetro	Resolução Conama 20 – Classe 2	Destinação das Águas
Sabor/odor	Não objetável	<ul style="list-style-type: none"> - abastecimento doméstico, após tratamento convencional; - proteção das comunidades aquáticas; - recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); - irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; - criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
PH	6,0 – 9,0	
Cor aparente (mg Pt/L e UH)	75	
Oxigênio dissolvido (mg de O ₂ /L)	>5	
Turbidez (UT)	<100	
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	5	
Nitratos (mg N/L)	10	
Nitrito (mg de N/L)	1	
Sólidos dissolvidos (mg/L)	500	
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /L)	250	
Coliformes totais (UFC/100ml)	5.000	
Coliformes fecais (UFC/100ml)	1.000	

Em seu trabalho de doutorado, RONDON LIMA (op.cit.), conceitua e define os principais parâmetros:

- i. Temperatura da água: a temperatura da água pode influir no retardamento ou na aceleração da atividade biológica, na absorção de oxigênio e na precipitação de compostos. Quando se encontra ligeiramente elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrio ecológico (SPERLING, 1996).

- ii. Turbidez: a presença de partículas em suspensão, que causa a turbidez, ou de partículas em solução, relativas à cor, pode concorrer para o agravamento da poluição. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio. Segundo BRANCO (1999), a precipitação dessas partículas perturba o ecossistema aquático. A Resolução Conama estabelece que o limite de turbidez para um rio classe II é de 100uT.
- iii. Sólidos: a quantidade e a natureza da matéria dissolvida e não dissolvida no meio líquido varia grandemente. Nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida e consiste principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos. O conteúdo de sólidos totais geralmente varia de 20 a 1000mg/l e o limite estabelecido pela Resolução Conama é de 500mg/l para os sólidos dissolvidos totais. BRANCO (1999) ressalta que todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, os quais podem ser classificados pelas suas características físicas (suspensos e dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos). Segundo o mesmo autor, os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos fixos caracterizam a presença de matéria inorgânica ou mineral.
- iv. Condutividade: a condutividade elétrica de uma solução consiste na sua capacidade de conduzir corrente elétrica. ESTEVES (1988, apud RONDON LIMA) salienta que esta variável é de grande importância, visto que pode fornecer informações quer sobre o metabolismo do ecossistema aquático, quer sobre a produção primária (redução dos valores) e a decomposição (aumento dos valores), quer sobre outros fenômenos que ocorram na sua bacia de drenagem. Isso permite identificar os íons mais diretamente responsáveis pelo aumento da condutividade nas águas. Alguns fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos d'água, como a geologia da bacia e o regime das chuvas. A condutividade detecta, ainda, fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes.
- v. Demanda bioquímica de oxigênio – DBO: esta variável representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos. A DBO₅ é convencionalmente usada, pois considera a medida a 5 dias, incubada a 20°C, associada à fração biodegradável dos

componentes orgânicos carbonáceos. O valor fixado pela Resolução para um rio de classe II é de 5,0 mg/l.

- vi. Demanda química de oxigênio – DQO: a demanda química de oxigênio (DQO) está relacionada com a matéria orgânica e seu potencial poluidor. É uma medida da quantidade de oxigênio consumido pela oxidação química de substâncias orgânicas presentes nas águas.

- vii. Cor: a cor da água resulta da existência de substâncias em solução provenientes principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente, podendo também estar associada à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, plâncton, macrófitas ou de despejos coloridos contidos em esgotos industriais. A cor pode, ainda, ocorrer devido ao material em suspensão presente na água, oriundo, na grande maioria, da lavagem do solo. Essa coloração é dita aparente e por esse motivo as águas superficiais estão mais suscetíveis a apresentarem cor do que as águas subterrâneas. As águas naturais possuem cor que varia entre zero e 200 unidades, pois acima disso já seriam águas de brejo ou pântano, com altos teores de matéria orgânica dissolvida. Coloração abaixo de 10 unidades é quase imperceptível. A coloração das águas naturais pode variar em função das características e das substâncias presentes. Substâncias orgânicas ou taninos (fenóis) produzem a cor marrom transparente, as algas, cor verde e a suspensão de argilas, cor amarelo-avermelhada. No Brasil, a Resolução Conama 20, de 18/06/86, aceita para água bruta até 75 unidades de cor para receber tratamento convencional e depois ser distribuída em sistemas urbanos, não devendo mostrar cor superior a 5 unidades, conforme estabelece a Portaria 36, do Ministério da Saúde, e, mais recentemente, a Portaria 1469, de 29/1/2000.

- viii. pH: O pH, termo usado para expressar a intensidade da condição ácida (H^+) ou alcalina (OH^-) de uma solução, em termos de concentração de íons de hidrogênio H^+ , é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênios. $pH = -\log [H^+]$. O pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Nesses ecossistemas, são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido

carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos. A resolução Conama 20 define para um rio de classe II um pH variando de 6 e 9.

- ix. Alcalinidade: representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Embora muitos compostos possam contribuir para o incremento desse constituinte na água, a maior fração deve-se principalmente aos bicarbonatos. A alcalinidade da água em nada afeta a saúde pública, podendo apenas fazer o sobor desagradável ao paladar. As variáveis alcalinidade, pH e teor de gás carbônico encontram-se correlacionadas na natureza. O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou de outra solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. É essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água (FEITOSA et al., 1997).
- x. Nitrogênio: um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, o nitrogênio possui uma química complexa, em virtude dos vários estágios que pode assumir e impactos que a mudança do estado de oxidação pode trazer sobre os organismos vivos, fenômeno melhor compreendido com o estudo do ciclo do nitrogênio. SAWYER (1985), citado por RONDON LIMA (op.cit.), descreve esses estágios, enfatizando que a atmosfera serve como um reservatório no qual o nitrogênio é constantemente renovado pela ação da descarga elétrica e pela fixação das bactérias. Durante essas descargas, grandes quantidades de nitrogênio oxidam-se a N_2O_5 e a sua união com a água produz HNO_3 , normalmente carregado para a terra na chuva. Os nitratos são também produzidos pela oxidação direta do nitrogênio ou da amônia e encontram-se também nos fertilizantes comerciais. Dessa forma, a presença de nitrogênio no meio aquático pode se originar das fontes naturais de nitrogênio, tais como a chuva, o material orgânico e inorgânico de origem alóctane, os esgotos doméstico e industrial e a drenagem de áreas fertilizadas. As formas em que se apresenta o nitrogênio nos ambientes aquáticos podem ser: nitrato (NO_3), nitrito (NO_2), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (aminas, aminoácidos etc.) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos). As diferentes formas dos compostos de nitrogênio, encontradas no meio aquático, podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas. MOTA (1995) salienta que nitrogênio

orgânico e amônia estão associados a efluentes e águas recém- poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente, se condições aeróbias são presentes, a oxidação da amônia acontece transformando-se em nitrito e nitrato. Conforme ressalta SPERLING (1996), em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que o nitrito e o nitrato à poluição mais remota . A Resolução Conama estabelece limites para amônia não ionizável de 0,02 mg/l NH₃, Nitrato, 10 mg/l N, e Nitrito, 1,0 mg/l N.

- xi. Fósforo: o fósforo encontra-se nas águas naturais e residuais, quase exclusivamente na forma de fosfato. FEITOSA et al. (1997) enfatizam que, devido à ação dos microrganismos, a concentração de fósforo pode ser baixa (< 0,5 mg/l) em águas naturais. Valores acima de 1 mg/l geralmente indicam águas poluídas. O fósforo, por via antropogênica, é acrescido às águas por derivados de detergentes, inseticidas e pesticidas. A presença de Ca⁺² limita a concentração de fosfato e a ocorrência do CO₂ a favorece

- xii. Coliformes: de acordo com SANCHEZ (1999), as bactérias do grupo coliforme constituem o indicador de contaminação fecal mais comum, sendo empregadas como parâmetro bacteriológico básico na caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral. Recentemente vários autores vêm sugerindo a utilização apenas da bactéria E. coli como indicadora de poluição fecal.

Foi realizado um estudo superficial e comparativo dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, com o objetivo de obter informações sobre o estágio de comprometimento dos recursos hídricos superficiais da sub-bacia, sendo para isto utilizado dados comparativos com valores médios obtidos de trabalhos desenvolvidos por RONDON LIMA (2001) e pelo Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT(1999), que foram comparados com as análises desenvolvidas para este presente estudo (2002). Os valores médios resultantes desta comparação foram confrontados com os valores estabelecidos pela resolução do Conama, possibilitando desta forma uma análise do comprometimento das características físico-químicas e bacteriológicas de suas águas.

A sub-bacia do Barbado, em função da alta taxa de urbanização (74,25%), e menor índice de vegetação, apresenta elevado grau de comprometimento das características físico-químicas e bacteriológicas de suas águas. O valor médio de oxigênio demandado (OD) foi de 3,12 mg/l, o que representa teores muito baixos para garantir a manutenção da vida aquática nesse córrego. Os valores da matéria orgânica medidos através da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentaram concentrações médias de 262,97 mg/l e 74,53 mg/l, respectivamente. Esses valores médios aproximam-se das características típicas de um esgoto de fraca concentração. A alcalinidade atingiu teores de 88,52 mg/lCaCo³ e a turbidez apresentou valor médio de 15,66 uT, teor relativamente baixo, uma vez que o padrão ambiental estabelece 100uH para rios de classe II. A coloração da água foi de 40,06 uT, abaixo do limite de 75 uT estabelecido pelos padrões ambientais. A condutividade apresentou média de 444,36 µS/cm.

Os valores dos nutrientes fósforo e nitrogênio total kjeldhal mostraram médias de 1,50 mg/l e 3,72 mg/l respectivamente, concentrações bem acima do limite estabelecido de 0,025 mg/l, e com características próximas a um esgoto típico de fraca concentração, sendo o teor do NTK também considerado próximo ao de um esgoto típico de fraca densidade. Verificaram-se para os coliformes fecais e totais, teores médios de $1,25 \times 10^7$ a $3,85 \times 10^6$ NMP/100ml, com variações entre $5,3 \times 10^6$ e $1,90 \times 10^7$ NMP/100ml e $1,7 \times 10^6$ e $5,8 \times 10^6$ NMP/100ml, ficando evidenciada a participação de dejetos humanos.

4.3.1.3 – Análise ambiental das nascentes

Foram feitas análises com base em dados coletados em campo e por meio de foto-carta na escala 1:5.000, passagem de 1998.

Nos pontos de observação de campo, verifica-se que nas áreas de nascentes do córrego ocorrem intercalações de meta-arenitos com metapelitos, e que a drenagem corre por vale em V, com escavação no meta-arenito, tendo como assoalho o metapelito, indicando que o meta-arenito se mostra menos resistente à escavação do que o metapelito.

Neste tópico caracterizaram-se os seguintes parâmetros:

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA

- Limite da Sub-Bacia
- Nascente 1 - 56°03'58.8" W - 15°33'48.3" S
- Nascente 2 - 56°03'50.8" W - 15°33'56.5" S
- Nascente 3 - 56°03'45.6" W - 15°34'22.6" S
- Drenagens

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Escala: 1:50000

1 0 1 2 Km

Assunto:

Carta de localização das nascentes

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: Imagem Landsat ETM de 11/08/2002

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 10 - Carta de localização das nascentes

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 – Produtos cartográficos

5.1.1 – Carta do substrato rochoso

MIGLIORINI (1999) em seu trabalho de Doutorado “Hidrogeologia em meio urbano: Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT”, dividiu o grupo Cuiabá, na região metropolitana do município, nos seguintes conjuntos litológicos:

- i. Formação Miguel Sutil: subdividido em litofácies pelítica com laminação plano-paralela e litofácies argiloarenoconglomerática;
- ii. Formação Coxipó: subdividido em metadiamicritos com matriz argilosa e metadiamicritos com matriz arenosa.

A área de abrangência da sub-bacia do córrego do Barbado é composta pelos dois grupos acima citados.

A composição litológica da área de estudo, ilustrada na Figura 11, compõe-se de rochas de metassedimentos detriticos, o filito, com desenvolvimento local de quartzitos, metadiamicritos e metaconglomerados.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

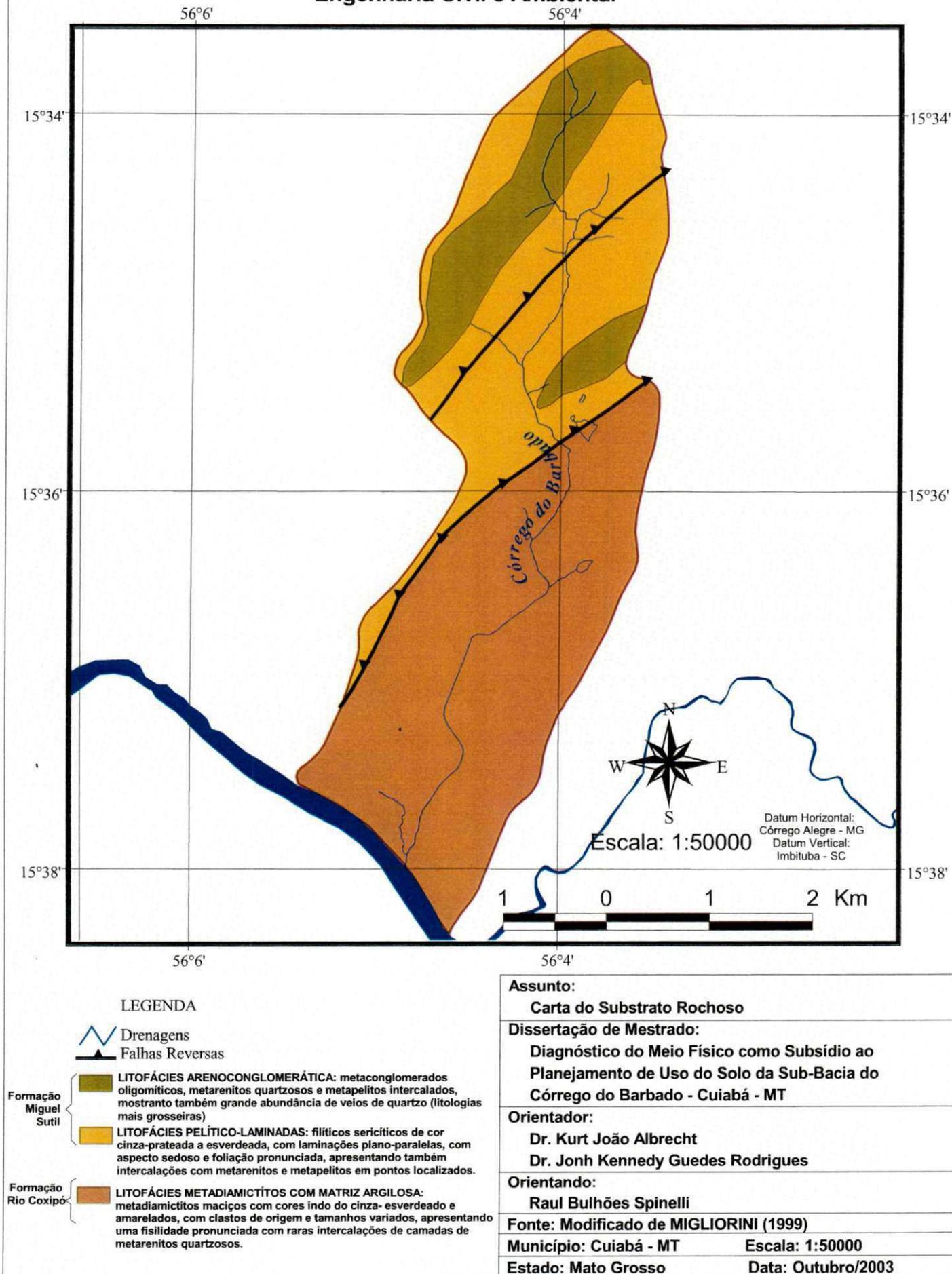


Figura 11 - Carta do substrato rochoso

Na porção Centro-Norte da sub-bacia, compreendendo os bairros Morada do Ouro, Bela Vista, Terra Nova, Dom Bosco, Canjica, Carumbé, Campo Verde, Pedregal e Jardim das Américas, há predominância da formação Miguel Sutil com litofácies pelítico-laminada e, em menor escala, litofácies arenoconglomerática.

Na porção Centro-Sul e ao longo de grande parte da extensão da sub-bacia, compreendendo os bairros Jardim Itália, Jardim das Américas, UFMT, Jardim Petrópolis, Jardim Tropical, Campo Velho, Grande Terceiro, Jardim Califórnia, Praeiro e Praeirinho, predomina a formação Rio Coxipó com litofácies metadiamectito de matriz argilosa.

5.1.1.1 – Formação Miguel Sutil

Estudos desenvolvidos por LUZ et. al. (1980) para o Projeto Coxipó, definem este conjunto litológico como correspondente à subunidade 5.

VECCHIATO (1993), em seu trabalho de Doutorado “Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá-MT (Escala 1:25.000)”, caracteriza esta litologia como correspondente às unidades A, B e C.

MIGLIORINI (1999) define dois conjuntos litofaciológicos inseridos nesta formação:

- i. Litofácies pelítica com laminação plano-paralela: sua composição é formada essencialmente por litotipos pelíticos, como metargilitos ou filitos sericíticos de cor cinza-prateada a esverdeada quando inalterada, apresentando tonalidades vermelha e marrom quando alterada. Apresentam frequentemente laminações plano-paralelas de centimétricas a milimétricas, indicadoras de mudança na granulometria ou composição dos sedimentos. Essas laminações são originadas de uma fábrica plana e homogênea formada pela orientação preferencial da sericita, sendo de aspecto sedoso e foliada. São comuns intercalações de camadas tubulares de arenitos finos a médios, de cor branca com tons róseos, principalmente quartzosos, em contatos abruptos com os pelitos laminados ou maciços.

- ii. Litofácies argilo-arenoconglomerática: compõe-se de intercalações cíclicas (ritmitos) granodecrescentes, descrevendo arranjos lenticulares principalmente segundo a direção N30°-40°E. Este conjunto é formado por lentes métricas a quilométricas, fazendo contato do tipo abrupto e irregular com litofácies pelítica. Sua base é caracterizada pela presença de litotipos de metaconglomerados oligomíticos quartzosos, com seixos e grânulos dominados por quartzos leitosos levemente arredondados em uma matriz de areia grossa a microconglomerática. Na porção intermediária de cada ciclo dominam os arenitos quartzosos, que gradam de areias grossas e médias até porções de areia fina e silte arenoso. Completando o ciclo de ritmitos, os metapelitos (filitos sericíticos), laminados ou maciços, de cor cinza-chumbo, cuja espessura não ultrapassa 1 m. As camadas mais finas, representadas por metapelitos apresentam-se muito alteradas, predominando as cores avermelhadas com tonalidades amarronadas, sendo comum a presença de sulfetos alterados. PINHO (2001) relata que os metarenitos apresentam, em sua maioria, cores com tonalidades claras (do branco ao cinza-claro) e, quando alterados, apresentam tonalidades ora amareladas, ora avermelhadas, sendo notadas nas fácies mais finas a presença de acamamentos plano-paralelos reliquiais. Cada ciclo granodecrescente (conglomerado arenitoargilito) apresenta espessura que varia de 1 a 10 metros, dispostos em seqüências turbidíticas com ampla difusão de fraturas em várias direções, acompanhadas por inúmeros sistemas de veios de quartzo com larguras variando de alguns centímetros até tamanhos métricos.

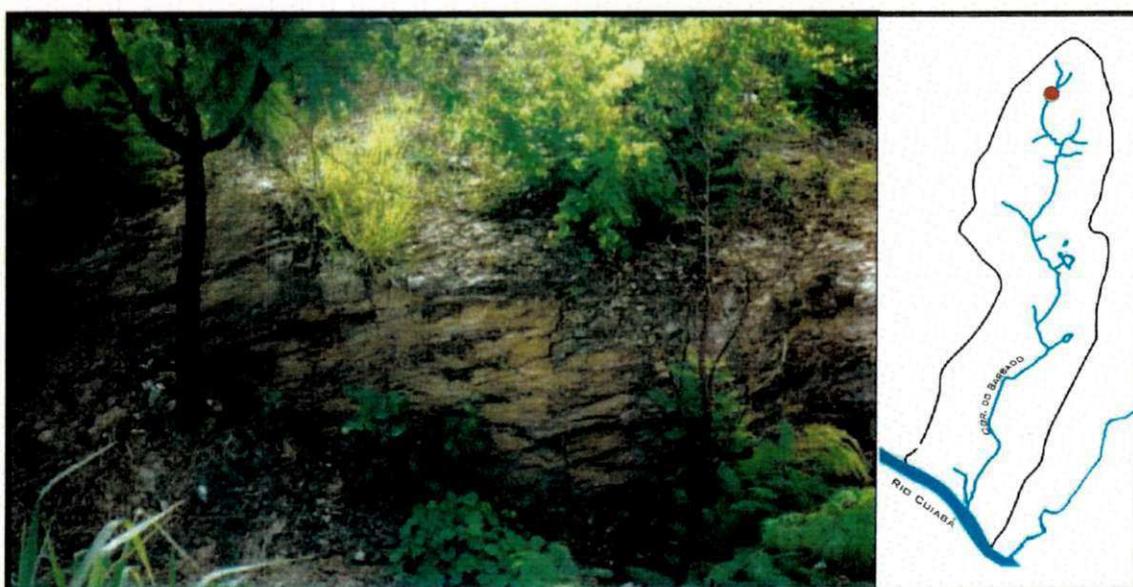


Foto 1. Litofácies argilo-arenoconglomerática
Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli /2003

MIGLIORINI (op.cit.) mostra o comportamento do armazenamento e da circulação das águas subterrâneas em relação às litologias e às estruturas geológicas do Grupo Cuiabá.

Esse autor aponta para os metassedimentos da Formação Miguel Sutil em área urbana do município. Há diferença marcante na instalação de fraturas e veios de quartzo, principalmente devido ao comportamento mecânico das duas litofácies quando submetidas à ação dos esforços. A litofácies pelítica tende a apresentar um comportamento mais dúctil (foliação e dobras), e as litofácies argiloarenoconglomerática sofrem rupturas e deslocamentos das falhas. Desta forma, a composição litofácies argiloarenoconglomerática apresenta melhores condições de armazenamento e circulação de água subterrânea.

Esse autor ainda mostra a influência da textura das rochas como parâmetro que interfere na condutividade hidráulica. A litofácies pelítica, devido à riqueza de micas orientadas, dificultam a infiltração de água subterrânea. Por outro lado, a litofácies argiloarenoconglomerática apresenta maior porosidade e permeabilidade devido à presença de textura granular, formando solo arenoso muito propício à infiltração de águas pluviométricas, proporcionando desta forma excelentes áreas de recarga.

Na região de estudo, foram identificadas algumas características relativas ao substrato rochoso, cujas características são bastante relevantes para o uso e ocupação do solo: existência de áreas de aluvião ao longo da rede hidrográfica e substrato medianamente fissurado com veios de quartzo e com baixíssima permeabilidade na parte não fissurada.

Segundo MIRANDA (2002), as regiões de aluvião são constituídas por formações sedimentares de composição bastante heterogênea, demandando estudos detalhados para o uso do solo nessas áreas. Esse autor mostra ainda que o substrato das demais regiões é constituído de formação medianamente fissurada, fazendo com que seja necessária a preocupação com a possibilidade de contaminação dos aquíferos e, conseqüentemente, dos corpos hídricos com águas residuárias de efluentes de esgotos e aterros sanitários, sendo muito importante para a construção desses equipamentos verificar a altura máxima do lençol freático no período das chuvas e a espessura do solo acima do substrato rochoso. Além disso, cuidados especiais devem ser tomados na construção e na desativação de poços artesianos, tendo-se em vista a sua impermeabilização.

5.1.1.2 – Formação Rio Coxipó

Estudos desenvolvidos por LUZ et. al. (1980) para o Projeto Coxipó definem este conjunto litológico como correspondente à subunidade 6.

VECCHIATO (1993), em seu trabalho de Doutorado “Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá-MT (Escala 1:25.000)”, caracteriza esta litologia como correspondente à unidade D.

Segundo MIGLIORINI (1999), esta unidade sobrepõe-se à formação Miguel Sutil através de contatos transicionais e tectônicos, e aflora principalmente na porção Sul do município de Cuiabá. Esse autor define dois conjuntos litofaciológicos inseridos nesta formação: litofácies metadiamicititos com matriz argilosa, incluindo raras intercalações de areia fina a média e litofácies metadiamicititos com matriz arenosa, intercalados a arenitos quartzosos grossos a médios. Pela análise litológica da formação Rio Coxipó, observa-se que as melhores condições aquíferas estão localizadas na segunda associação, isto é, nos metadiamicititos de matriz arenosa.

Estudos desenvolvidos para a área caracterizam a ocorrência individualizada da formação litofácies metadiamicitito de matriz argilosa.

- i. Litofácies metadiamicititos de matriz argilosa: este conjunto litológico corresponde a metadiamicititos maciços, de tonalidades variando do cinza-esverdeado ao amarelo, com matriz argilosiltosa, micácea, em parte feldspática, que suportam fragmentos de tamanhos variados (centimétricos a métricos) e muito diversificados quanto a sua composição (granitos, xistos, quartzitos, anfíbolitos, gnaisses, arenitos, filitos, quartzo, etc.). É caracterizada por uma pronunciada fissilidade, conferida principalmente pela foliação penetrativa do tipo xistosidade, e também pela ocorrência de camadas tabulares e lentes de metarenitos quartzosos de granulação fina a média, de cor cinza-esbranquiçada, com estratificação plano-paralela e maciços, intercaladas aos metadiamicititos. Essas ocorrências são estreitas (de 1 a 3 metros) e raras.

5.1.2 – Carta Morfopedológica

A área em questão apresenta uma topografia rebaixada, drenada pelo córrego do Barbado, tributário do rio Cuiabá (Figura 12). Caracteriza-se por um relevo de planície, conforme se observa na imagem hipsométrica da região (Figura 13).

Por meio de estudos bibliográficos, da carta geotécnica de Cuiabá (1991), dos trabalhos de VECCHIATO (1993) e PINHO (2001) sobre geologia, geomorfologia, pedologia, e pela interpretação em foto-carta na escala 1:5.000, além de visitas a campo, obtiveram-se dados a respeito da morfologia, das coberturas pedológicas e da litologia, que analisados conjuntamente permitiram a subdivisão da sub-bacia em compartimentos morfopedológicos, permitindo desta forma caracterizar as fragilidades e as limitações do meio físico da área em estudo.

Na região de pesquisa, assim como em toda a área denominada Baixada Cuiabana, desenvolvem-se poucas unidades pedológicas. Elas definem-se pelas rochas que lhes deram origem, pela topografia e pelo clima, conforme as Figuras 14 e 15.

O padrão de relevo apresentado é o de planície aluvial com terrenos baixos e planos e terraços aluviais. As declividades de 10% a 15% e superiores estão restritas às cabeceiras de drenagem, como se verifica na Figura 16.

Foram caracterizados três compartimentos: compartimento de colinas, subdividido em subcompartimentos de topo de colina e vertente de colina, compartimento de áreas alagadas, subdividido em subcompartimentos de várzeas e embaciados e compartimento de planícies de inundação, conforme Carta morfopedológica apresentada na Figura 17.

O compartimento de colinas – a unidade de maior ocorrência na área e também na cidade – tem relevo bastante suave, colinas arredondadas e amplas com amplitudes altimétricas da ordem de 20 a 50 metros, podendo atingir 80 metros em locais específicos. As declividades predominantes atingem valores de até 10% e, subordinadamente, situam-se entre 10% a 15%, sendo que nas cabeceiras, ao longo dos cursos de água e nas elevações mais proeminentes apresentam-se declividades superiores a 15%. As áreas adequadas à expansão

urbana localizam-se nos topos e nas encostas, limitadas eventualmente pelas classes de declividade. Essas áreas são extremamente favoráveis à expansão urbana, excetuando-se as cabeceiras de drenagem.

As feições morfológicas encontradas neste compartimento decorrem da predominância de intercalações nos filitos de rochas mais resistentes aos processos erosivos, representados por metarenitos, metarcósios e quartzitos, constituindo o Grupo Cuiabá.

Este compartimento, devido às diferenças consideradas, foi dividido em dois subcompartimentos: topo de colina e vertente de colina.

- i. Topo de colina: subcompartimento localizado nas áreas mais elevadas da sub-bacia, com cotas não inferiores a 170 metros e níveis de topo ao redor de 240 metros. Morfológicamente esta subunidade ocorre nos topos de colinas, planos ou quase planos, com declividades baixas (0% a 2%). Localiza-se em litologias do Grupo Cuiabá, com variações litológicas que vão desde litotipos essencialmente pelíticos a fortemente psamíticos. Apresentam solos pouco desenvolvidos, classificados como neossolos regolíticos. Sobre o material de alteração ocorre uma cobertura de cascalho de quartzo e/ou canga, com amplitudes girando de zero a 0,50 metros, estes repousando em horizonte C ou diretamente na rocha. Apresentam resistência moderada, podendo as dificuldades ser maiores em virtude dos veios de quartzo existentes. Tal material de alteração é facilmente escavável na ausência de canga e veios de quartzo de grande porte. Quanto às características referente à infiltração de água, tanto a rocha sã quanto o seu material de intemperismo apresentam uma baixa permeabilidade. A cobertura vegetal mostra-se muito alterada, encontrando manchas de vegetação natural (cerrado) na área do Parque Massairo Okamura, norte da sub-bacia. Apresenta baixa susceptibilidade a erosão do tipo linear, quando preservado, sendo a erosão do tipo laminar a mais presente, principalmente em áreas de solo exposto.
- ii. Vertentes de colina: subcompartimento presente em grande extensão da área estudada, com variações altimétricas que vão desde os 150 metros até os 240 metros de altitude. Morfológicamente apresenta declividades inferiores a 15%, originando vertentes aplainadas. Localiza-se em litologias do Grupo Cuiabá e, pedologicamente, compõe-se

de solos do tipo neossolos regolíticos nas áreas com maior declividade e do tipo neossolos flúvicos nas áreas próximas ao leito do córrego. A cobertura vegetal apresenta remanescentes de vegetação natural e, próximo ao leito do córrego, manchas de mata de galeria. Tal sub-unidade apresenta alto risco de erosão por sulcos e ravinas, em especial nos litotipos mais pelíticos, como mostra a Foto 2.

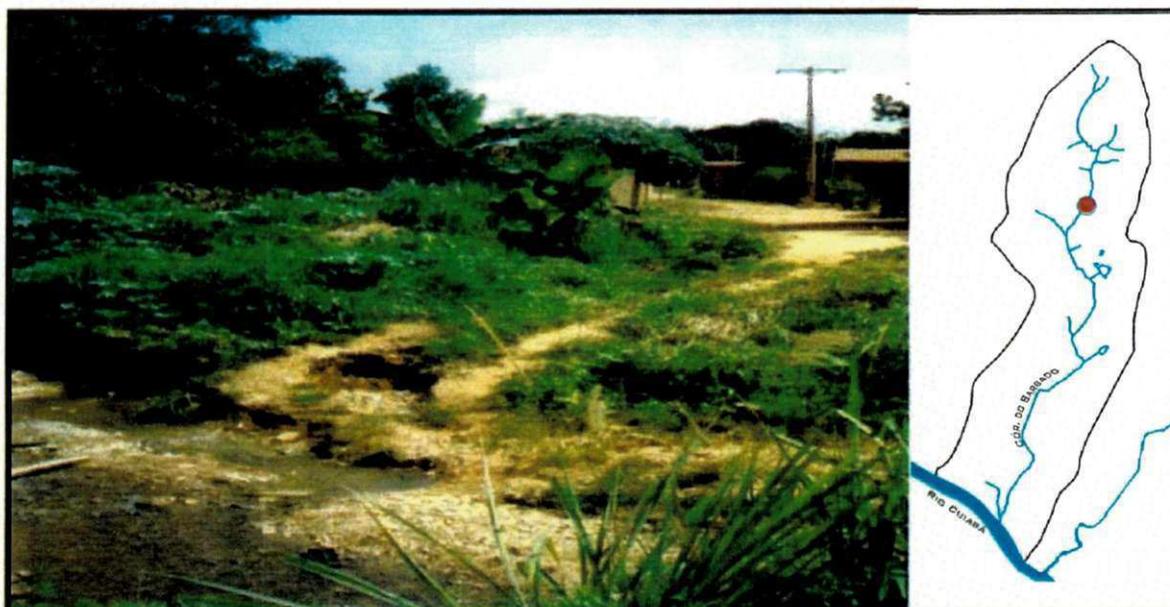


Foto 2 . Subcompartimento de vertente de colina, mostrando a sua propensão ao desenvolvimento de processos erosivos lineares quando desprovidos de cobertura vegetal. Loteamento Dom Bosco. Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli/2003

A unidade de áreas alagadiças caracteriza-se por sua ocorrência em pequenos trechos da área de estudo. Este compartimento foi dividido em dois subcompartimentos: várzeas e embaciados.

- i. Várzeas: este subcompartimento apresenta o padrão de relevo com terrenos baixos e planos, e terraços aluviais. Possui declividades médias de 5% e vegetação de campo cerrado. Apresenta condições de drenagem imperfeita com o lençol freático próximo ou muito próximo à superfície durante uma parte do ano (período de chuvas) ou até o ano todo (pontos específicos). Como essa água é a principal forma de abastecimento dos habitantes da área, nisso está um dos graves problemas da unidade, pois a possibilidade de contaminação das águas do lençol freático é muito grande, principalmente devido a numerosas fossas negras, poços rasos e cisternas. Fenômenos de erosão e áreas de deposição de detritos provenientes das encostas promovem

assoreamento do curso do córrego, poluindo as águas e aumentando os riscos de inundação. Pedologicamente apresenta neossolos flúvicos, neossolos quartzarênicos, gleissolos (glei pouco húmico) e incipientemente plintossolos.

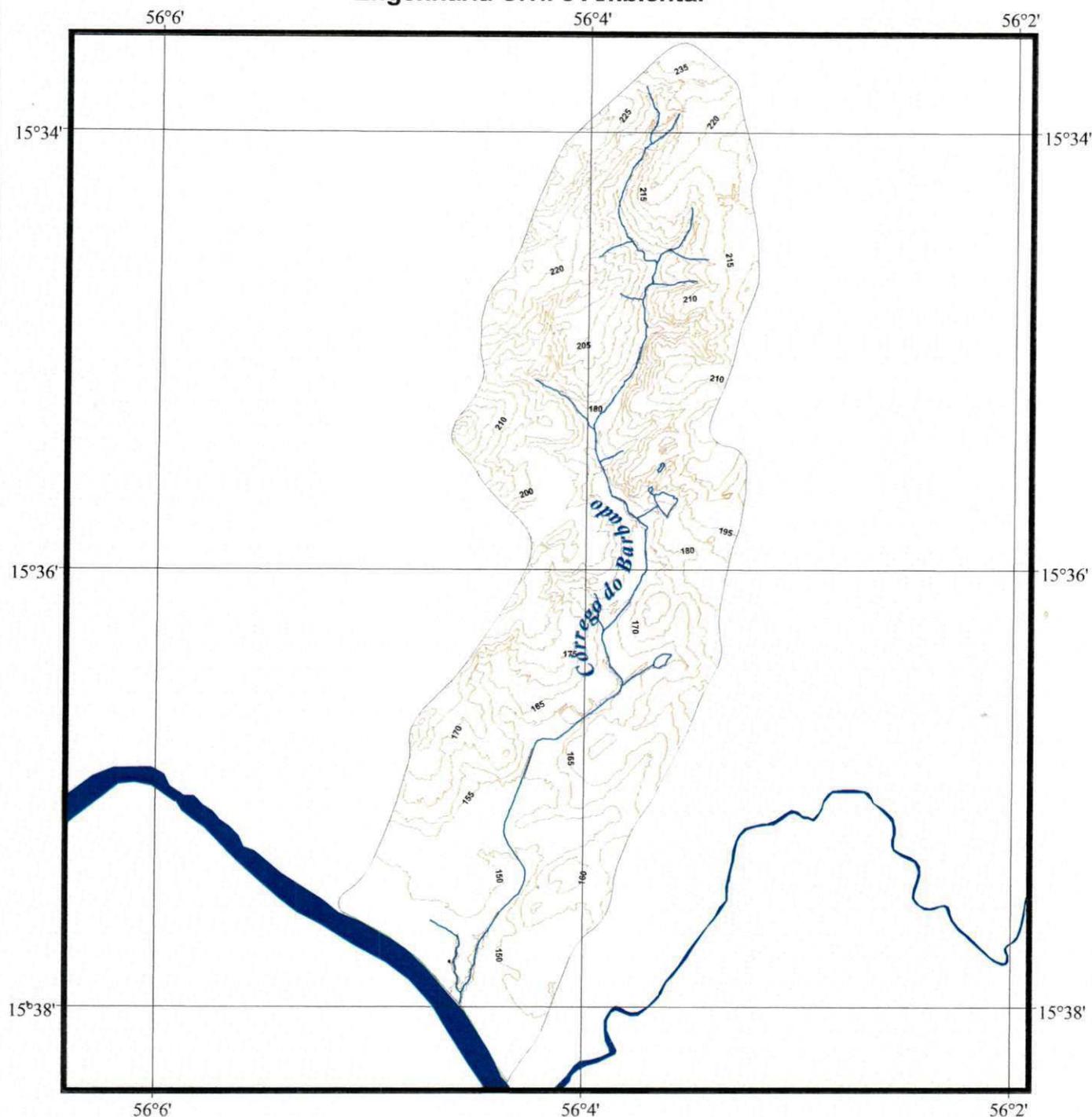
- ii. Embaciados: apresentam depressões topográficas suaves, de 5% a 10%, com drenagem centripeta geralmente direcionada a uma saída formando cabeceira de drenagem, com nível de água elevado ou na superfície. Pedologicamente ocorrem solos do tipo gleizados em declividades mais baixas e neossolos regolíticos encaixados nas áreas de declividade elevada, havendo freqüente presença de couraça ferruginosa (canga). A cobertura vegetal apresenta fitofissionomias de campo cerrado e cerrado, além de elementos de mata de galeria. A erosão linear, principalmente nas litologias mais finas com ausência de cobertura vegetal, constitui fator de risco para esta subunidade.

A unidade de planície de inundação apresenta relevo plano (declividade inferior a 1%), sedimentos inconsolidados predominantemente siltoargilosos e solos do tipo gleissolos em constante estado de saturação devido ao nível d'água elevado. Neste compartimento ocorrem também solos laterizados e aluvionares, além da presença de solos moles com baixa capacidade de suporte e de carga. Esta unidade está sujeita a inundações e alagamentos, colocando em risco a vida e o patrimônio da população; baixa declividade piora o problema pelo escoamento lento das águas pluviais e servidas.



Foto 3. Subcompartimento de embaciados mostrando o nível d'água na superfície. Bairro Jardim das Américas, limite com os campos da UFMT. Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli/2003

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA

-  Limites da Sub-Bacia
-  Drenagens
-  Curvas de nível



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC

1 0 1 2 Km



Assunto:

Carta de Topografia e Hidrografia da Área de Estudo

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: IPDU - Prefeitura de Cuiabá

Município: Cuiabá - MT

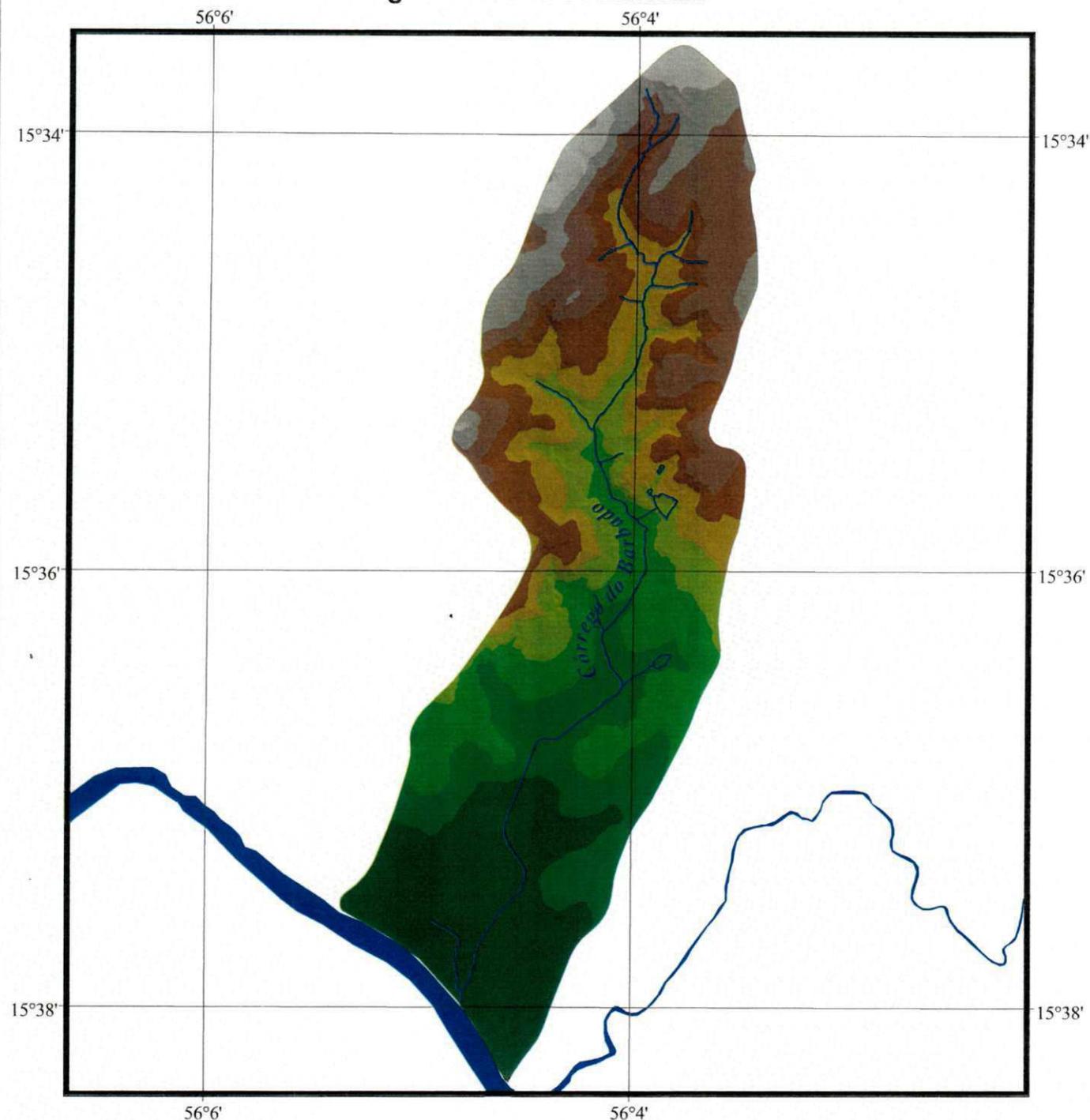
Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

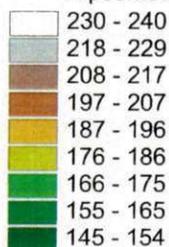
Data: Outubro/2003

Figura 12 - Carta de Topografia e Hidrografia da Área de Estudo

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA
 Drenagens
 Limite da Sub-Bacia
 Hipsometria



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Assunto:

Carta Hipsométrica da Área de Estudo

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao
Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do
Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: IPDU - Prefeitura de Cuiabá

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 13 - Carta Hipsométrica da Área de Estudo

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

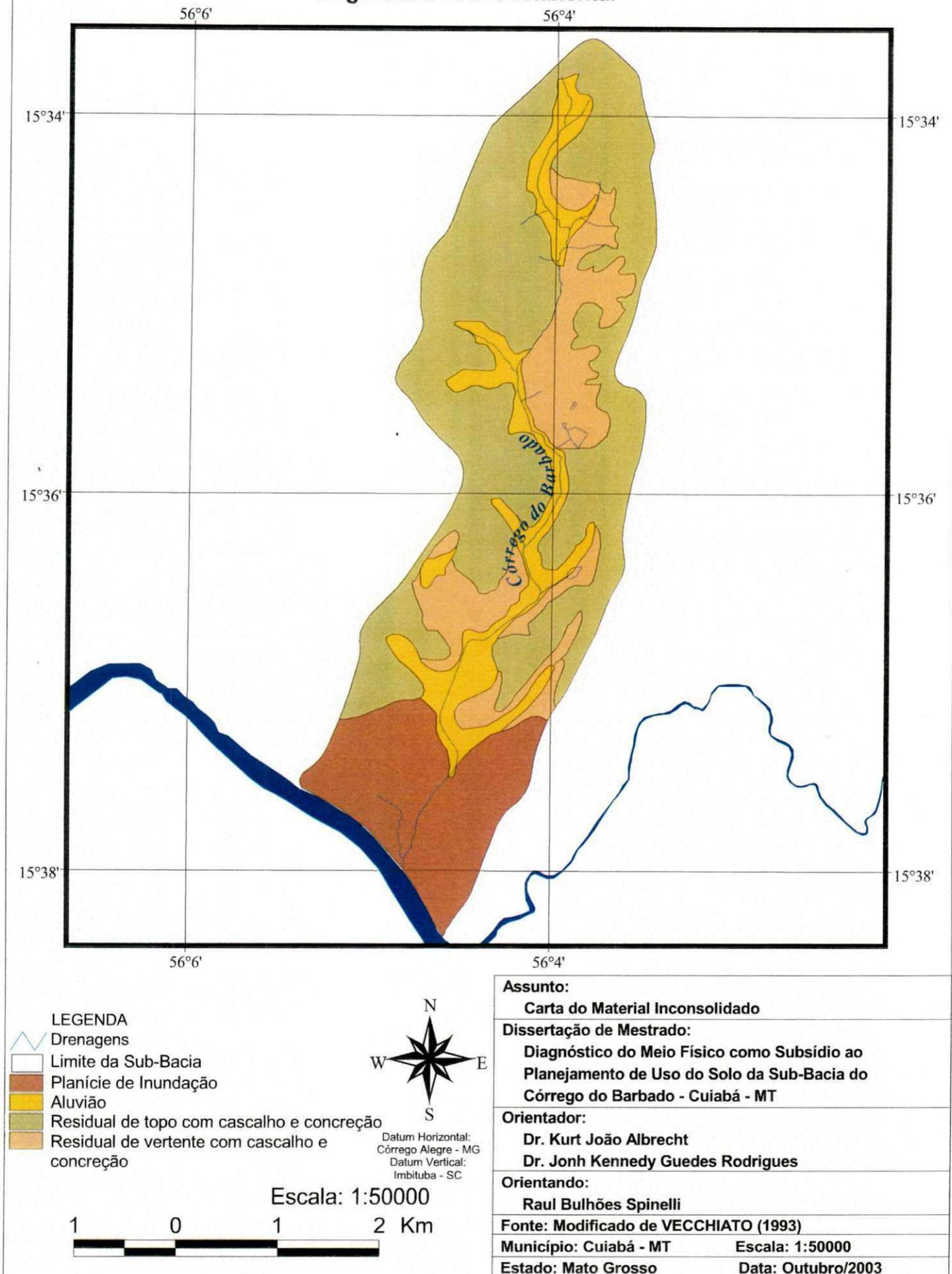
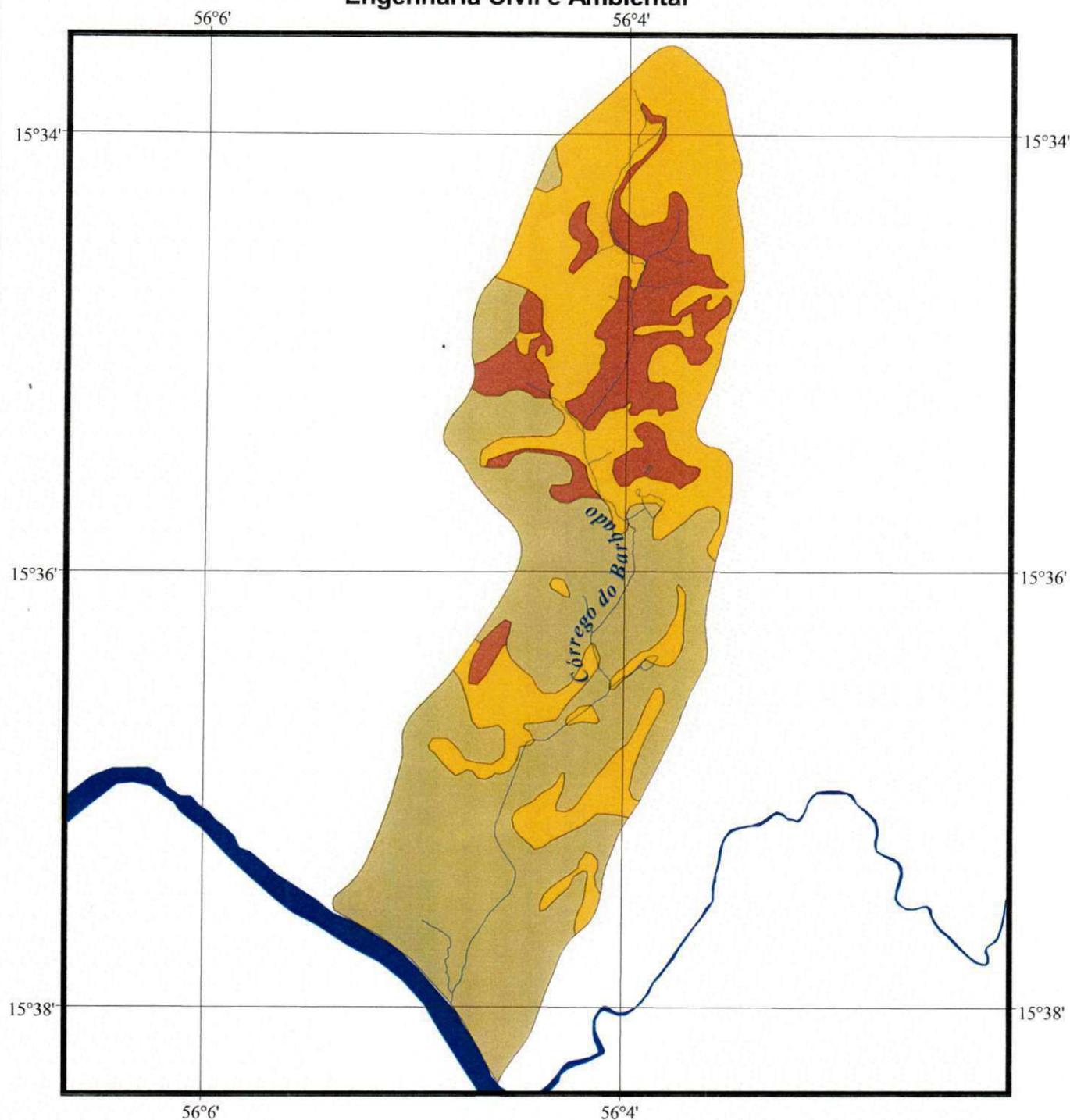


Figura 14 - Carta do Material Inconsolidado

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA
 Drenagens
 Limite da Sub-Bacia
 Profundidade do Solo:
 < 2 m
 2 a 5 m
 5 a 10 m



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Assunto:

Carta de Profundidade do Solo

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao
Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do
Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: Modificado de VECCHIATO (1993)

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 15 - Carta de Profundidade do Solo

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

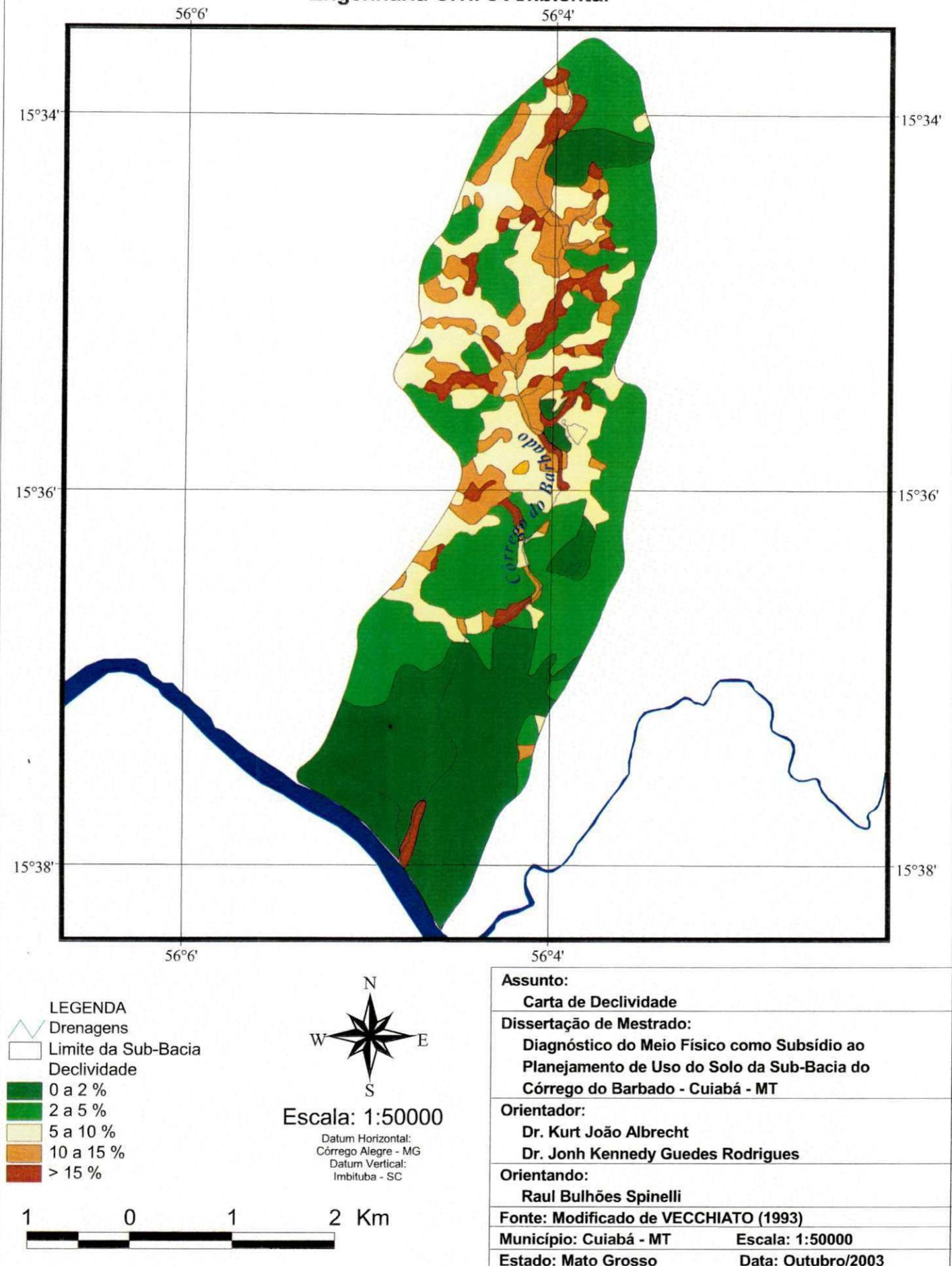


Figura 16 - Carta de Declividade

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

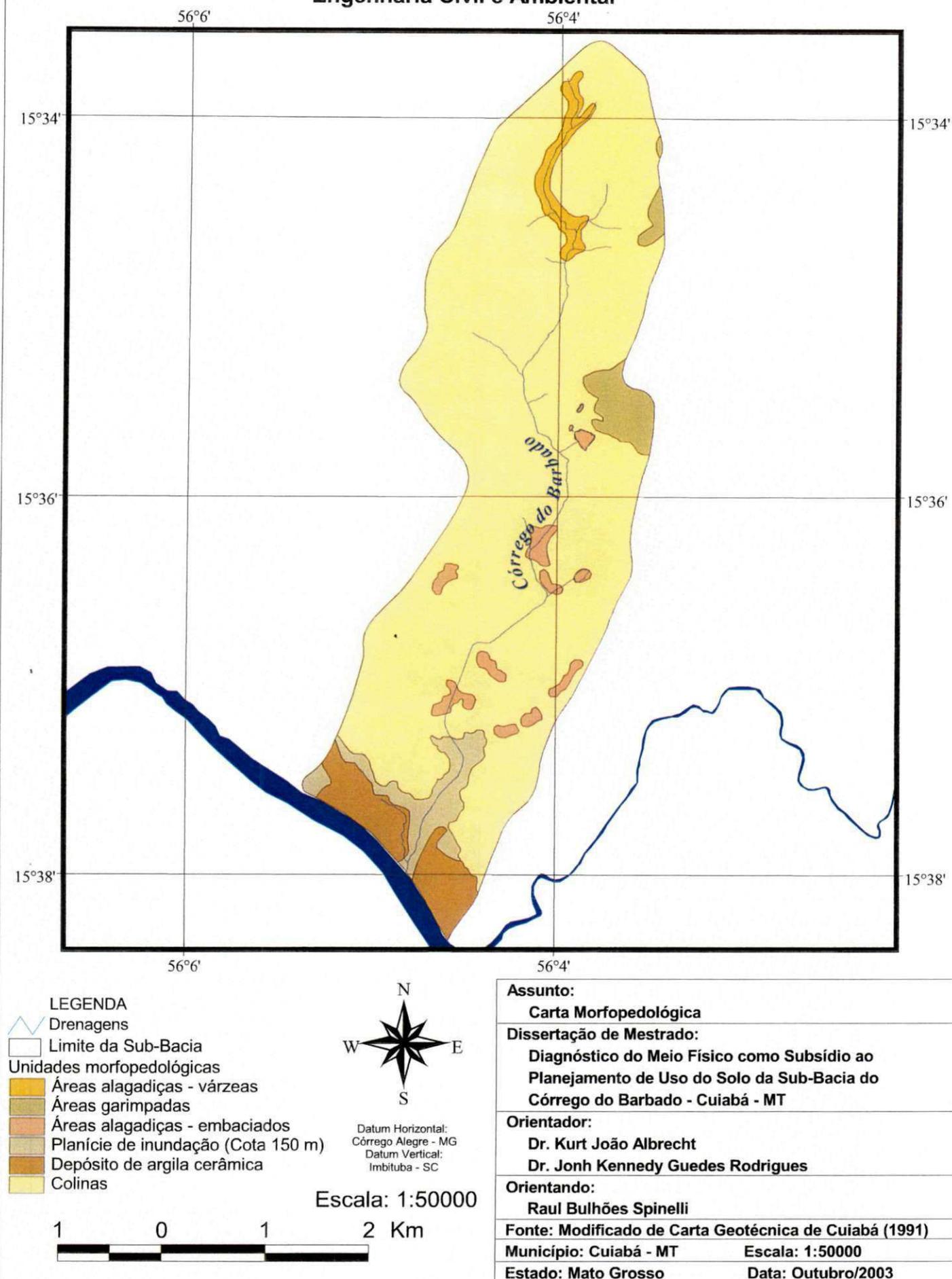


Figura 17 - Carta Morfopedológica

5.1.3 – Carta de susceptibilidade a ocorrências de erosão

As áreas com maior suscetibilidade a processos erosivos concentram-se ao longo do canal e próximo ao leito do córrego, em faixas de altas declividades, basicamente no compartimento caracterizado como vertente de colina com predominância de neossolos flúvicos e também em litotipos mais pelíticos, como mostra a Figura 18. Outro fator agravante do processo é o desmatamento ao longo da bacia, que chega a destruir a mata de galeria. Tal desmatamento, além de interferir no equilíbrio biológico do sistema, acelera o processo de erosão, causando o assoreamento do leito do córrego e também comprometendo a qualidade da água.

Os processos erosivos estão intimamente relacionados com os fatores do meio físico, aliados a um processo de ocupação crescente de áreas consideradas impróprias ou inadequadas que requerem certos cuidados na ocupação.

As maiores concentrações estão presentes principalmente nas ocupações espontâneas, como Pedregal (Foto 4), Castelo Branco, Canjica e Campo Verde.



Foto 4. Intenso processo de assoreamento na porção central da sub-bacia no bairro Pedregal. Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli/2003

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

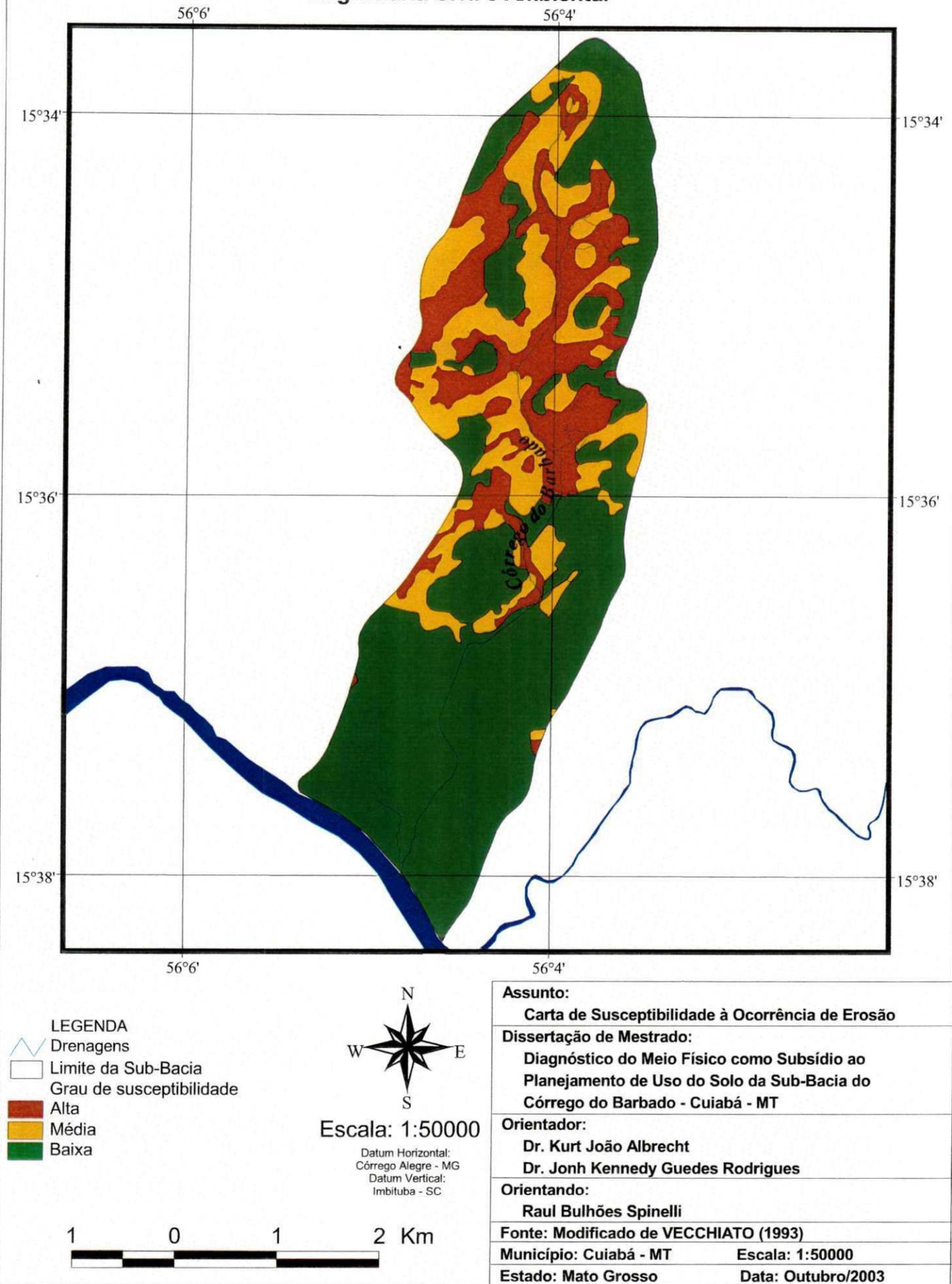


Figura 18 - Carta de Susceptibilidade à Ocorrência de Erosão

5.1.4 – Carta de susceptibilidade a ocorrências de inundação

As áreas de inundação temporária e permanente são representadas principalmente pelas áreas alagadiças (várzeas e embaciados) e pela planície de inundação.

Pelo fluviograma (Figura 19) das cheias máximas anuais do rio Cuiabá apresentado por SHIRASHI et al. (1991), foram caracterizados como grandes cheias os valores que ultrapassaram a cota de alerta (8,70 m da régua limnimétrica ou 148,00 m do IBGE), estabelecida pela Defesa Civil de Mato Grosso. Estas cheias, que totalizam 12 eventos, estão relacionadas em ordem cronológica na tabela 10. A Tabela 11 apresenta esses eventos em ordem decrescente de valores.

A Figura 20 mostra as áreas com maior suscetibilidade de ocorrência desse problema. Estão concentradas no compartimento de planície de inundação, principalmente em função de ser a região urbana de menores cotas (146 a 154m). As características que mais se destacam na ocupação urbana da área, formada por bairros residenciais de população de baixa e média renda oriundas de ocupações espontâneas, relacionam-se também à presença de solos moles, com baixa capacidade de suporte e de carga, e aos depósitos de argila cerâmica. Por ser uma área inundável, como mostra a Foto 5, a questão de saneamento causa grande preocupação. O lençol freático está próximo à superfície, contaminando e comprometendo a qualidade da água dos poços e cisternas, inviabilizando o uso de fossas sépticas. As escavações nesta unidade, devido às características dos solos, necessitam de escoramento nas paredes, evitando-se desta forma desmoronamentos.

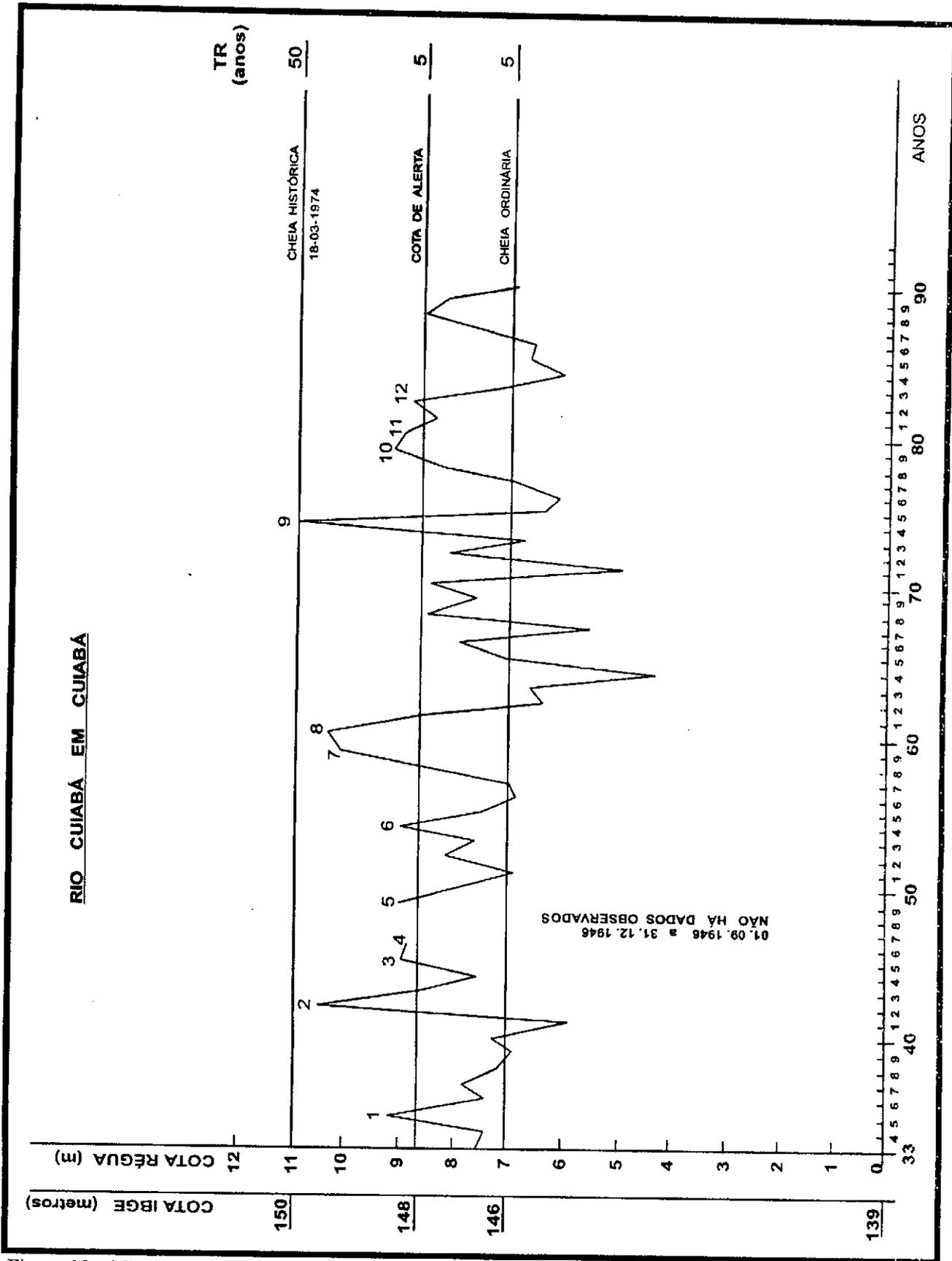


Figura 19 – Níveis máximos anuais (1933 – 1990)

Fonte SHIRASHI et al. (1991)

Tabela 10
As grandes cheias do rio Cuiabá em Cuiabá em ordem cronológica.

MÊS/ANO	COTA (m)
1 - MARÇO/1935	9,18
2 - MARÇO/1942	10,73
3 - ABRIL/1945	9,16
4 - FEVEREIRO/1946	8,98
5 - FEVEREIRO/1949	8,96
6 - MARÇO/1954	9,02
7 - JANEIRO/1959	10,10
8 - FEVEREIRO/1960	10,36
9 - MARÇO/1974	10,87
10 - JANEIRO/1979	9,18
11 - MARÇO/1980	9,00
12 - FEVEREIRO/1982	8,88

Fonte: SHIRASHI et al. (1.991)

Tabela 11
As grandes cheias do rio Cuiabá em Cuiabá em ordem decrescente de valores

ANO	COTA (m)
1974	10,87
1942	10,73
1960	10,36
1959	10,10
1935	9,18
1979	9,18
1945	9,16
1954	9,02
1980	9,00
1946	8,98
1949	8,96
1982	8,88

Fonte: SHIRASHI et al. (1.991)

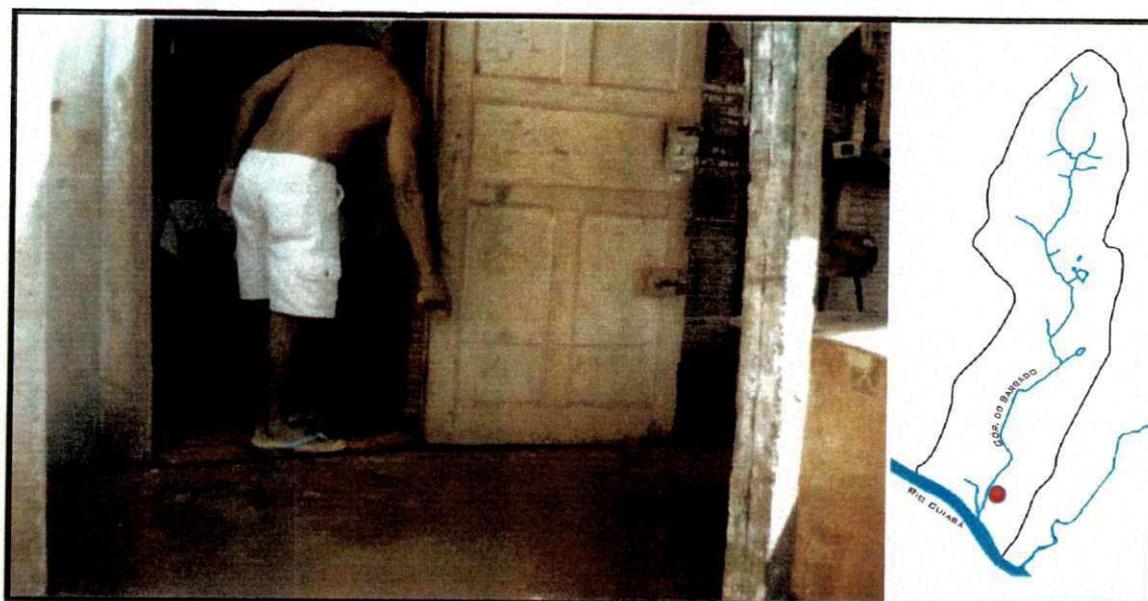
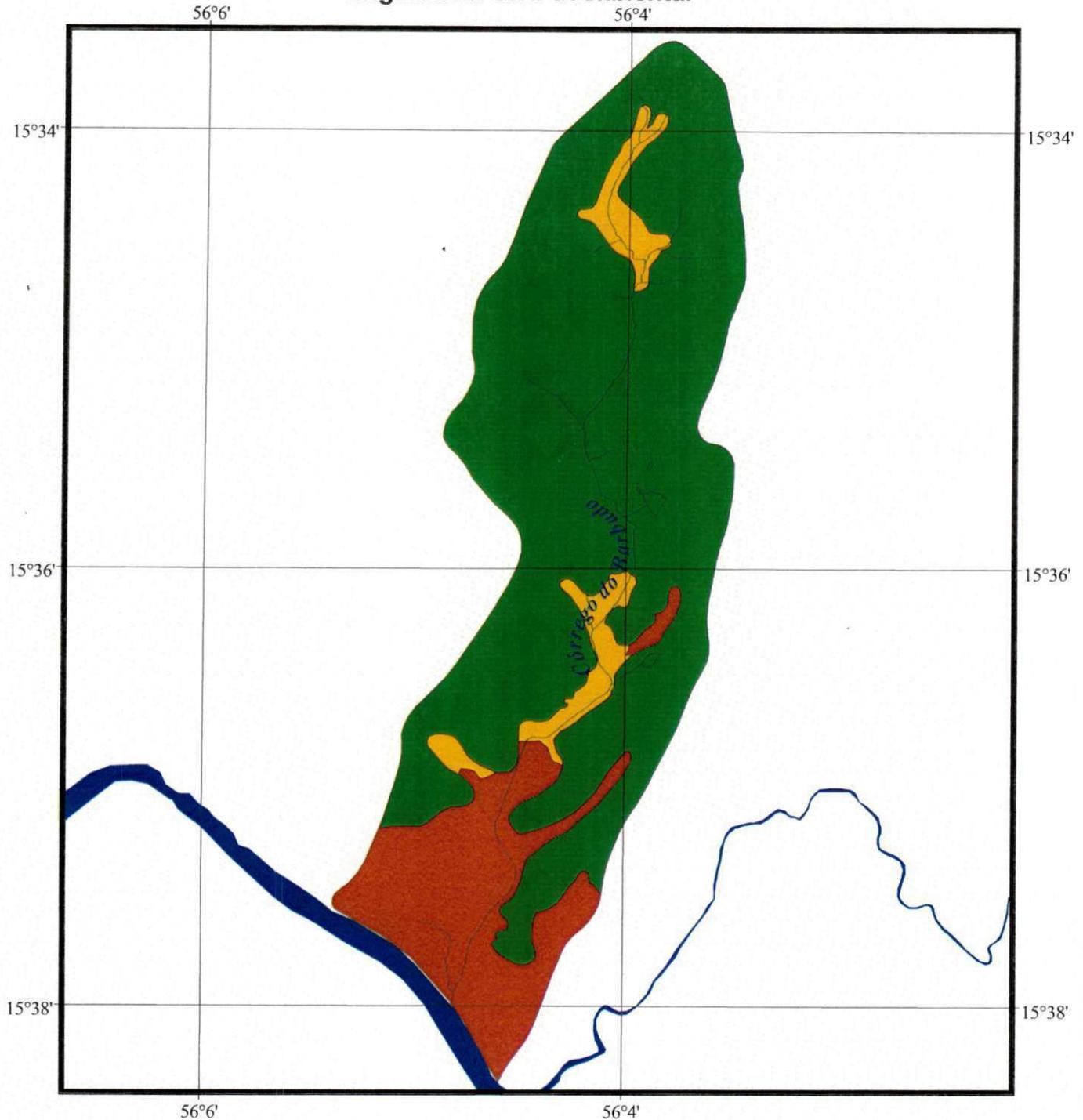


Foto 5⁴ – Ocupação em área de planície de inundação - Bairro Praeirinho
Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli/2003

⁴ O morador aponta para a marca deixada na porta, do nível alcançado pelas águas da chuva na inundação de abril/2001.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



- LEGENDA**
- Drenagens
 - Limite da Sub-Bacia
 - Grau de susceptibilidade**
 - Alta
 - Média
 - Baixa



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Assunto:

Carta de Susceptibilidade à Ocorrência de Inundação

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

**Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues**

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: Modificado de VECCHIATO (1993)

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 20 - Carta de Susceptibilidade à Ocorrência de Inundação

As áreas de média suscetibilidade à ocorrência de inundação são observadas no compartimento de áreas alagadiças, representado pelas várzeas e embaciados. Os principais problemas verificados nas áreas de várzea dizem respeito aos aspectos decorrentes do nível d'água próximo da superfície ou na superfície. As inundações e os alagamentos são freqüentes no período das águas quando ocorrem pancadas de chuvas intermitentes, invadindo as habitações (Foto 5). Verifica-se também a ocorrência de danos em edificações com fundações rasas e de redes subterrâneas, bem como a danificação de pavimentos viários pela perda de capacidade de suporte por saturação (Foto 6). As maiores concentrações estão presentes, principalmente, no bairro Praeirinho e, em menor escala, nos bairros Morada do Ouro, Canjica, Bela Vista, Terra Nova e Loteamento Dom Bosco.

Quanto ao subcompartimento de embaciados, os problemas relacionados à forma de uso e ocupação do solo dizem respeito, principalmente, aos alagamentos decorrentes do nível d'água aflorante e às condições de declividade, que dificultam o escoamento de águas pluviais e servidas. A ocupação dessas áreas deve estar condicionada à execução de drenagens e/ou aterros, exigindo investigações prévias à execução de fundações. As maiores concentrações estão presentes nos bairros Jardim das Américas, UFMT e na ocupação espontânea Renascer.

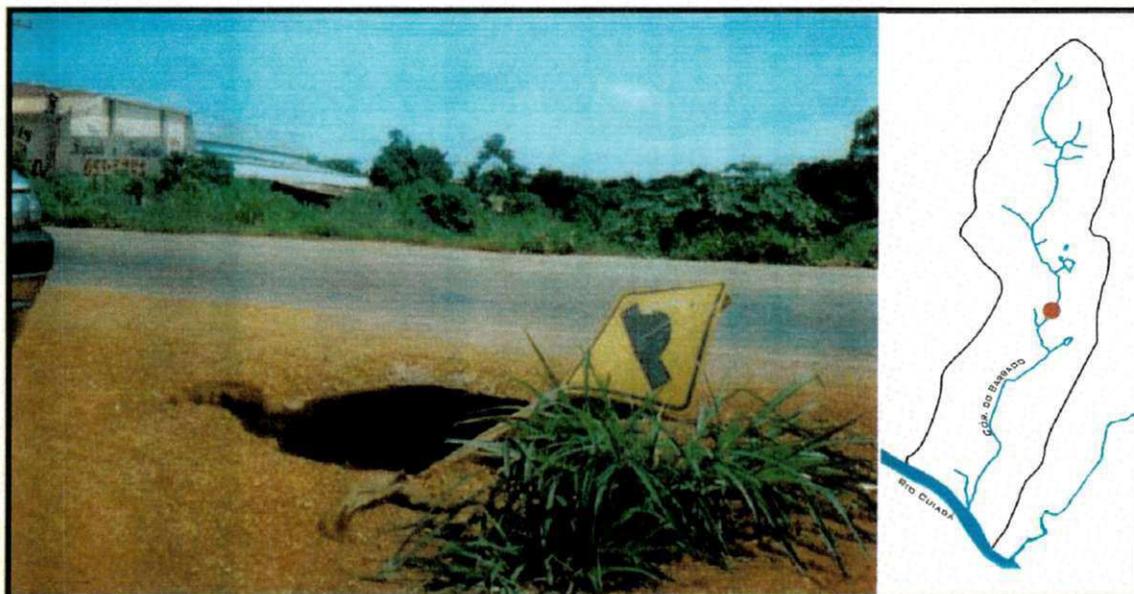


Foto 6. Danificação de pavimento viário da Avenida Arquimedes Pereira Lima
Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli /2003

5.1.5 – Carta de uso e ocupação do solo

As cartas de uso e ocupação do solo são documentos gráficos destinados a fornecer informações gerais sobre os tipos de ocupação existentes na área em estudo. Esses documentos são cada vez mais utilizados, em razão da crescente necessidade de se processar o inventário do uso atual e de se propiciar o planejamento de uso mais racional do solo.

A carta de uso e ocupação do solo para a área de estudo foi obtida tomando-se por base a carta geotécnica de Cuiabá (UFMT, 1991), a interpretação de fotos aéreas pancromáticas na escala 1:8000, varredura de 1998, e informações de campo e da Prefeitura Municipal. Durante a análise foi observada a evolução dos padrões de distribuição espacial para se detectar as diferentes formas de uso do solo. A Figura 21 apresenta dados relativos ao uso e à ocupação do solo no ano de 1991.

Adotando-se a mesma legenda de uso e ocupação do solo proposta pela carta geotécnica de Cuiabá, foi produzido um mapa atual de uso de solo, em que se observa um aumento crescente da área urbanizada, de acordo com a Figura 22.

VECCHIATO (1993), analisando a carta geotécnica de Cuiabá, mostra intenso processo de garimpagem estabelecido em alguns pontos da área de estudo, causando alterações nas condições topográficas devido às escavações e à movimentação de terra, formando cavas e pilhas de rejeitos finos e grosseiros, com processos intensos de erosão local e assoreamento do curso d'água.

Quanto ao uso atual do solo observa-se como fator positivo a transformação em reserva ambiental de áreas onde encontram-se as nascentes do córrego, áreas situadas no subcompartimento de várzeas, apresentando vegetação de cerrado. Outro fator positivo foi a suspensão da garimpagem na área, tornando possível a ocupação mais racional desses espaços.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

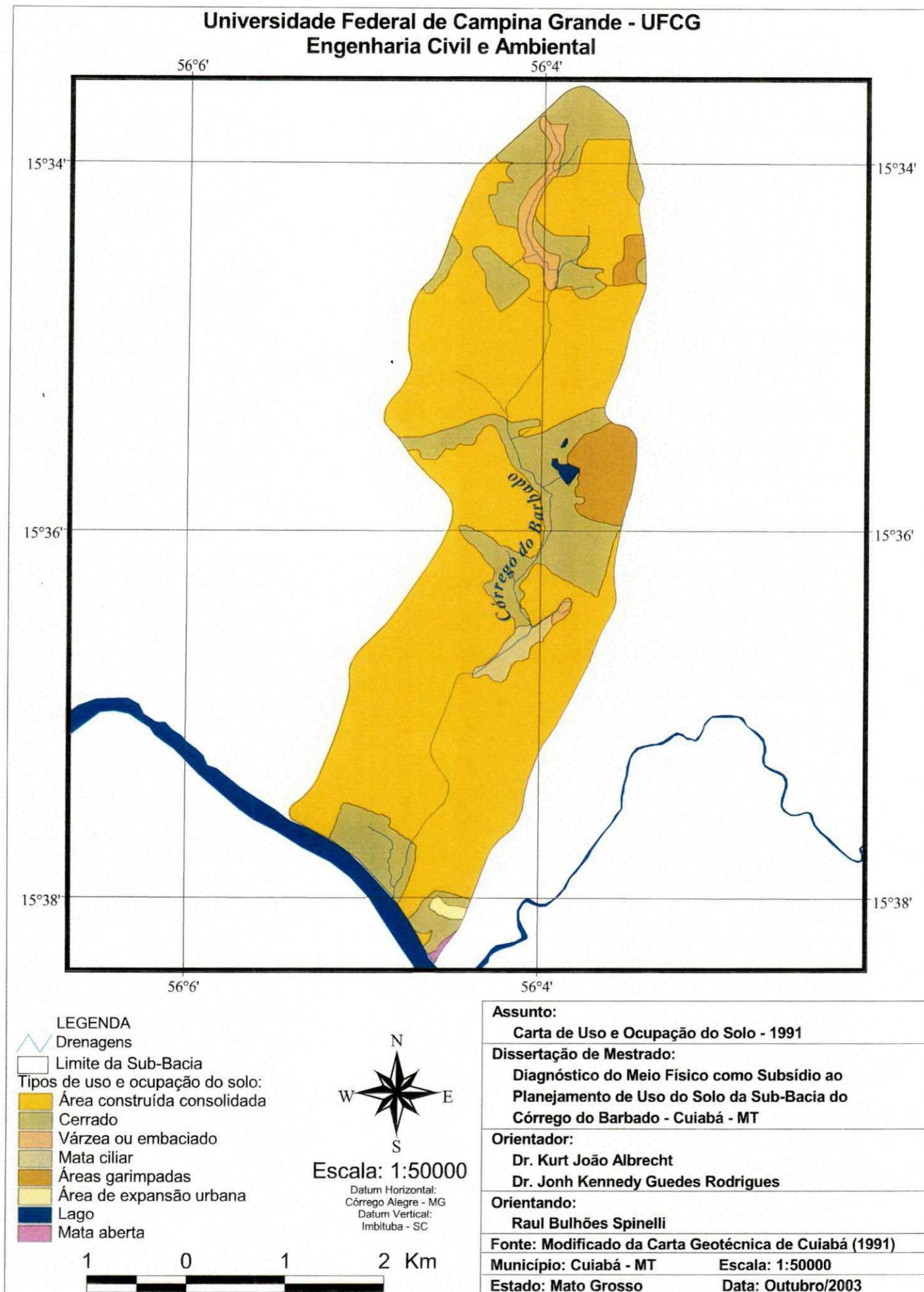
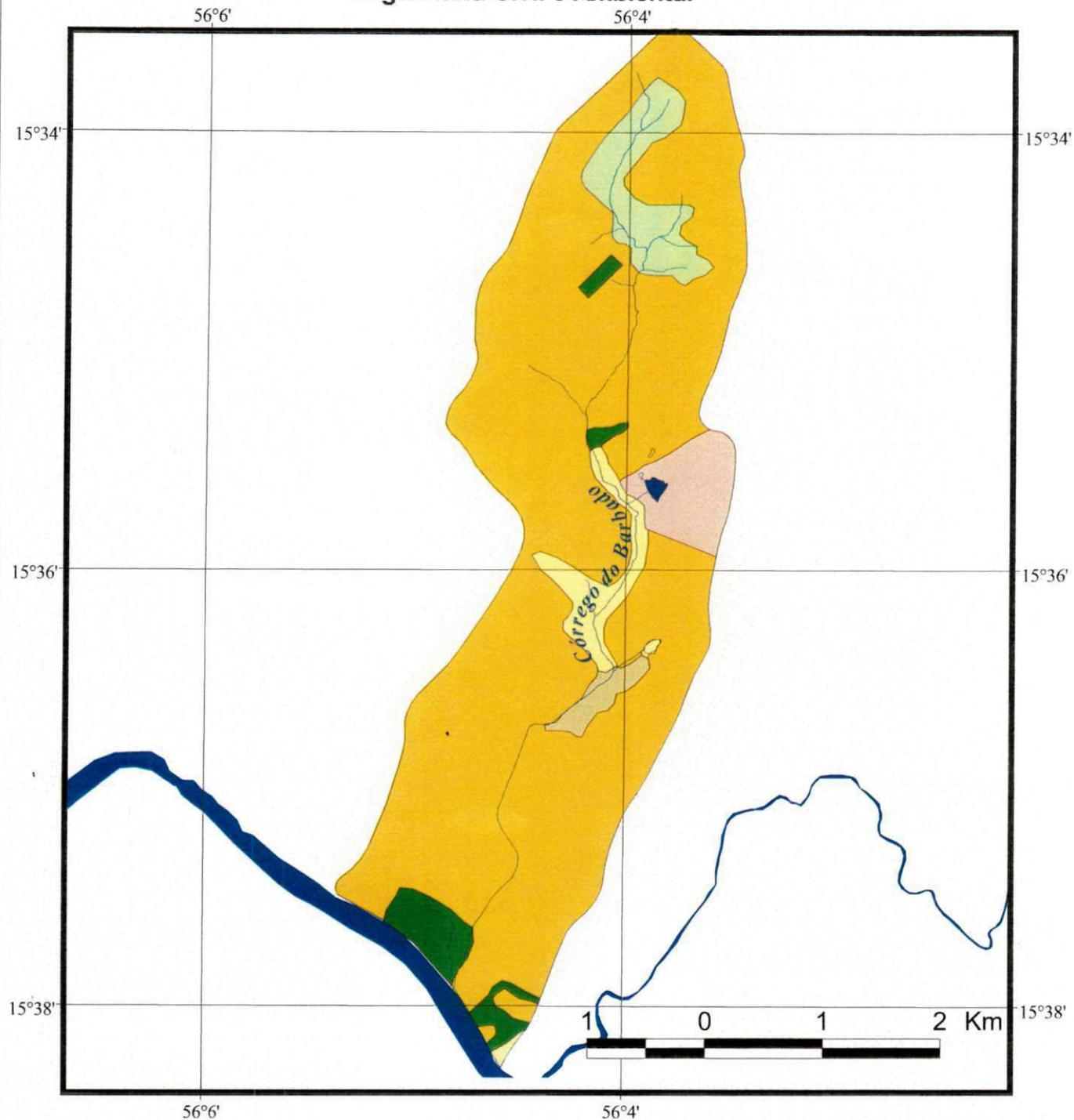


Figura 21 - Carta de Uso e Ocupação do Solo - 1991

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



- LEGENDA**
- Drenagens
 - Limite da Sub-Bacia
 - Tipos de uso e ocupação do solo:**
 - Reserva ambiental/cerrado
 - Área construída consolidada
 - Área degradada por garimpo em processo de recuperação
 - Cerrado
 - Mata ciliar
 - Área semi-urbanizada/vegetação descaracterizada
 - Lago
 - Mata aberta



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC

Assunto: Carta de Uso e Ocupação do Solo - Atual	
Dissertação de Mestrado: Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT	
Orientador: Dr. Kurt João Albrecht Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues	
Orientando: Raul Bulhões Spinelli	
Fonte: IPDU (2002) - Prefeitura de Cuiabá	
Município: Cuiabá - MT	Escala: 1:50000
Estado: Mato Grosso	Data: Outubro/2003

Figura 22 - Carta de Uso e Ocupação do Solo - Atual

Como impacto negativo, observa-se aumento considerável de ocupações em áreas de preservação permanente (APP) e de risco ao longo do leito do córrego. Essas ocupações trazem prejuízos graves para a bacia: processos de erosão, assoreamento, inundação em épocas de chuvas, contaminação das águas superficiais e subterrâneas, além de acúmulo de resíduos sólidos no canal, conforme mostram as Fotos 7 e 8.

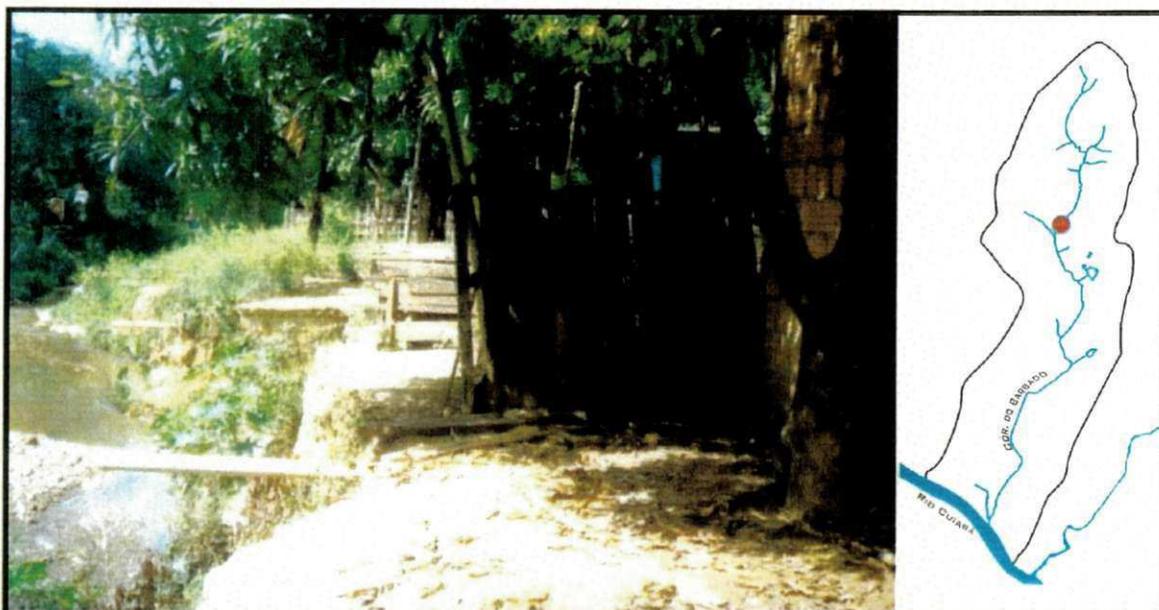


Foto 7 – Contaminação das águas superficiais por esgoto ‘in natura’. Ocupação Castelo Branco. Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli /2003

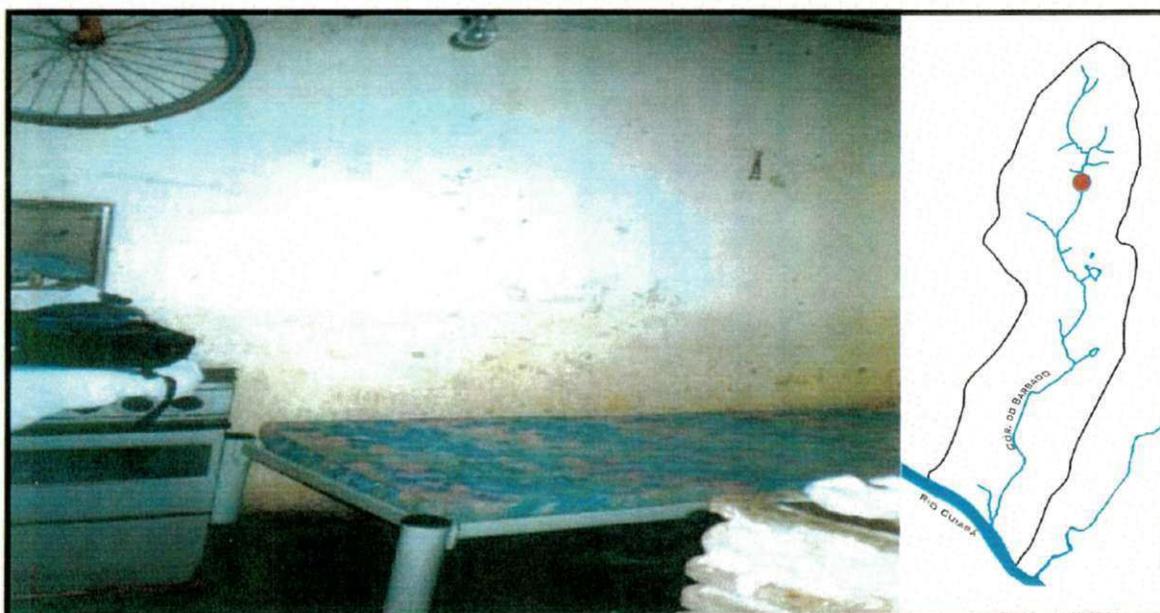


Foto 8. Habitação em área de preservação permanente (APP), com marcas de inundação, no Bairro Bela Vista. Localização na Bacia. Fonte: Raul Bulhões Spinelli /2003

5.1.6 – Carta de regularização fundiária

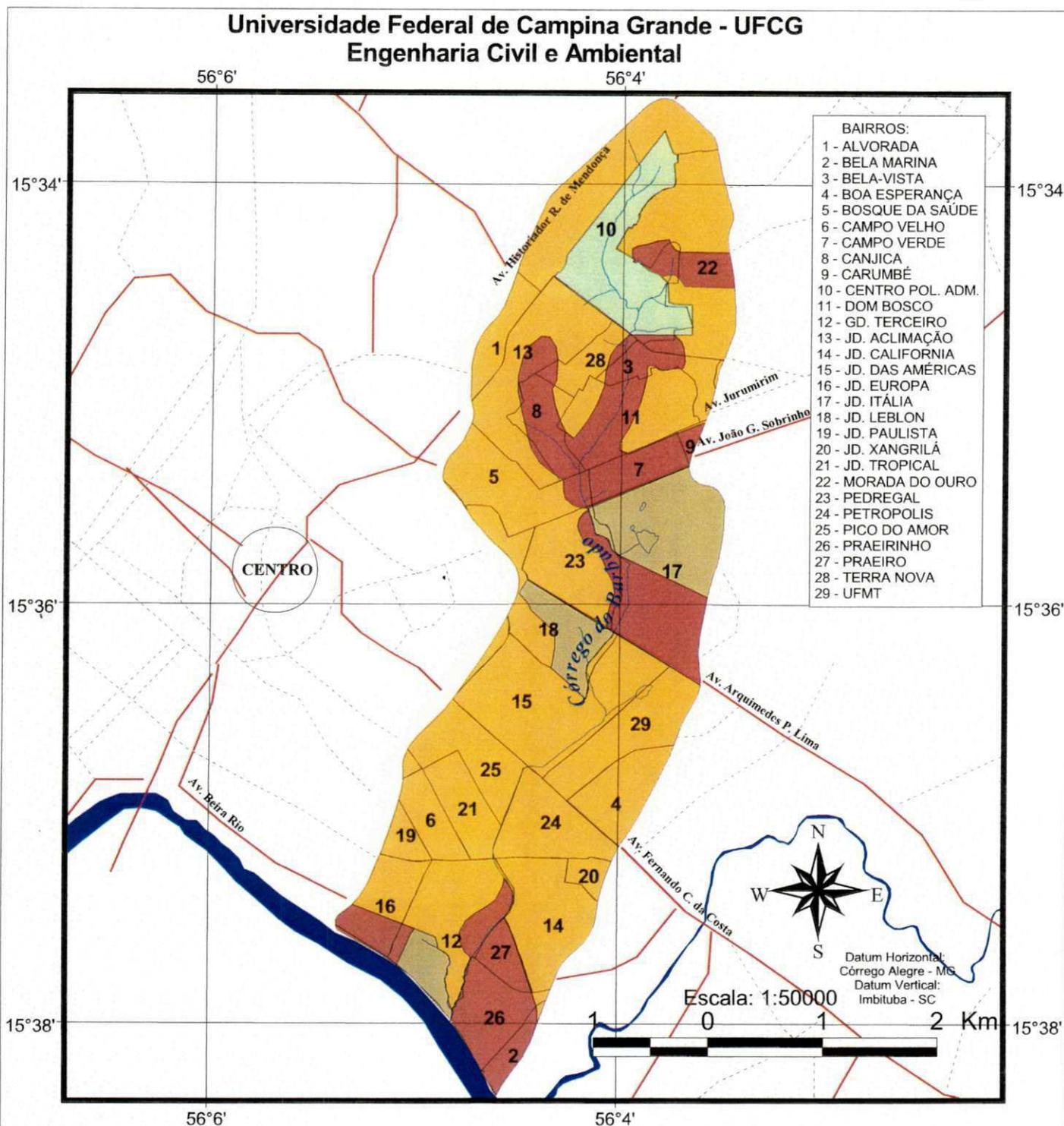
Tendo como base a carta de uso e ocupação do solo atual (Figura 22), e trabalhos de pesquisa na Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano/ Coordenadoria de Patrimônio Imobiliário e Agência Municipal de Habitação, foi obtida a carta de regularização fundiária.

Durante essa análise foi observado como fator positivo a não-regulamentação das áreas situadas em locais mais vulneráveis, considerando-se as limitações impostas pelo meio físico.

Destarte foram determinadas quatro classes diferentes de áreas, apresentadas na Figura 23:

- i. Área regulamentada: ocupa 65,8% do total da sub-bacia, nela havendo bairros e loteamentos já regulamentados pelo poder público. Apresentam boa infra-estrutura;
- ii. Área de reserva ambiental: abrange 5,42% do total da sub-bacia, incluindo as nascentes do córrego Barbado;
- iii. Área não regulamentada: compreende 20,22% do total da sub-bacia, caracterizando-se por ocupações espontâneas com infra-estrutura deficitária e localizadas em áreas de risco de inundação (várzeas e embaciados), em áreas de preservação permanente (APP), e na área de planície de inundação;
- iv. Área semi-urbanizada: totaliza 8,56% da área da sub-bacia, sendo caracterizada por loteamentos em fase de execução e por manchas de vegetação de cerrado.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental



LEGENDA		
	Vias Principais	
	Vias Secundárias	
	Rios e córregos	
	Limites da Sub-Bacia	
Fases de regularização fundiária:		
	Área não regulamentada - loteamentos e invasões com infra-estrutura deficitária	Proporção: 20.22 %
	Área regulamentada - bairros e loteamentos já regularizados pela Prefeitura - apresentando boa estrutura	65.80 %
	Área não urbanizada / semi urbanizada	8.56 %
	Área de reserva ambiental	5.42 %

Assunto:	
Mapa de Regularização Fundiária	
Dissertação de Mestrado:	
Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT	
Orientador:	
Dr. Kurt João Albrecht	
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues	
Orientando:	
Raul Bulhões Spinelli	
Fonte: IPDU - Prefeitura de Cuiabá	
Município: Cuiabá - MT	Escala: 1:50000
Estado: Mato Grosso	Data: Outubro/2003

Figura 23 - Carta de Regularização Fundiária

5.1.7 – Carta de viabilidade para urbanização

A ocupação atual da sub-bacia do córrego do Barbado mostra uma série considerável de impactos ambientais provenientes do processo de urbanização, com prejuízos claros à qualidade de vida da região.

Tendo por base os dados obtidos e analisados conjuntamente, como os componentes litológicos, morfopedológicos, a declividade, os recursos hídricos e hidrológicos, além da suscetibilidade aos principais problemas representados pelos riscos de inundação e erosão, apresenta-se a carta de viabilidade para a urbanização (Figura 24).

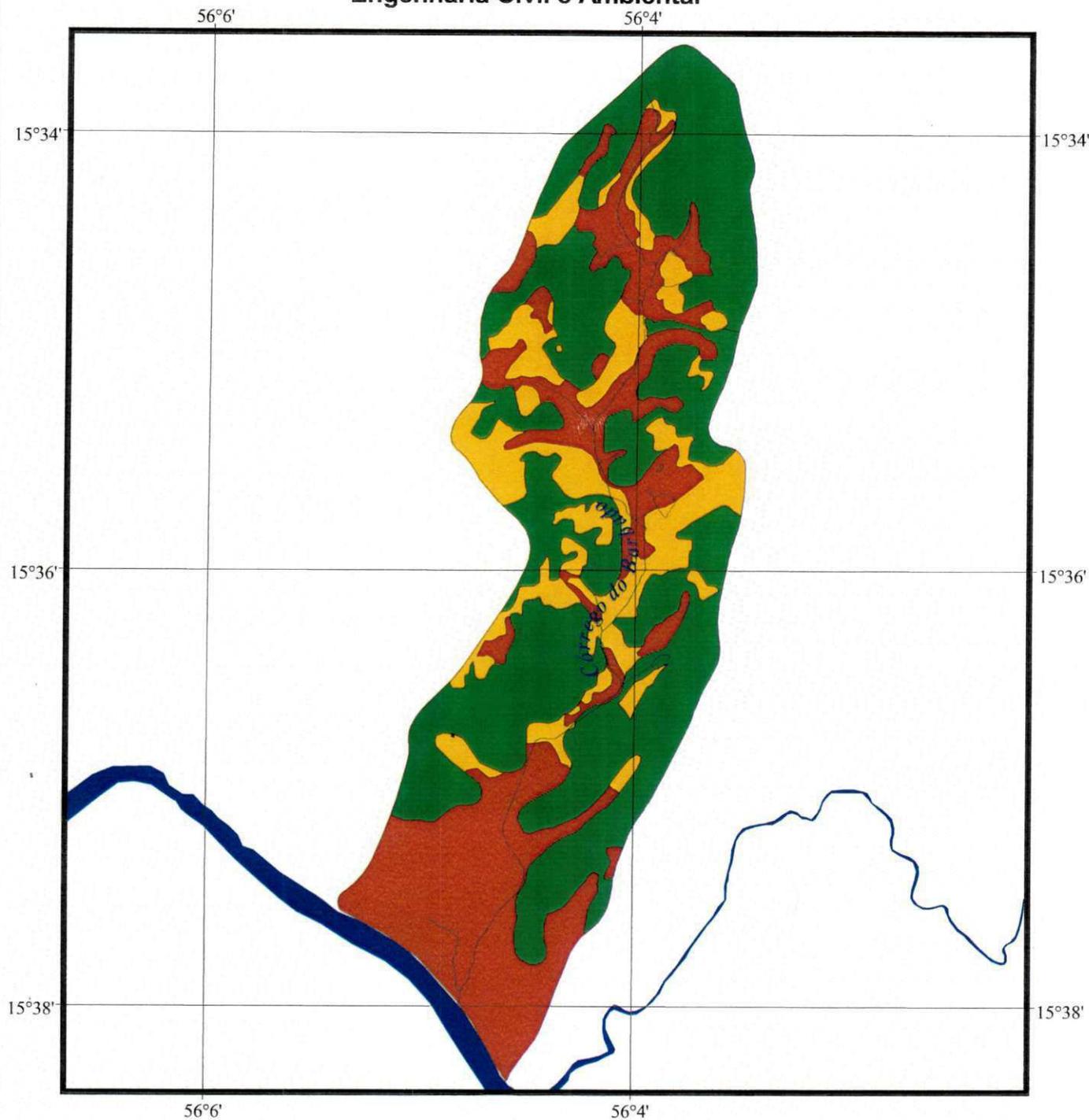
Para a realização desta avaliação foram considerados os critérios apresentados por ZUQUETTE (1987) e VECCHIATO (1993), que estabelecem atribuição de pontos às condicionantes conforme o nível de suscetibilidade à ocorrência de problemas e a adequabilidade dos fatores para a urbanização. Nesse sentido, foram determinadas três classes diferentes de áreas, a seguir apresentadas.

Áreas urbanizáveis (adequadas a boas): apresentam condições boas para ocupação e uso do solo, com altitudes mais altas nos topos de colinas existentes na região, sendo estes planos ou quase planos, com declividade baixa (0% a 2%). Localizam-se em litologias do Grupo Cuiabá, com variações litológicas que vão desde litotipos essencialmente pelíticos a fortemente psamíticos. Apresentam solos pouco desenvolvidos, classificados como neossolos regolíticos. Sobre o material de alteração ocorre cobertura de cascalho de quartzo e/ou canga.

Áreas urbanizáveis com restrições (boas a intermediárias): apresentam condições propícias para ocupação e uso do solo, porém exigem cuidados nas declividades maiores e nas litologias mais finas, devido a sua alta susceptibilidade a processos erosivos (sulcos e ravinas) quando desprovidas de cobertura vegetal. Localizam-se em litologias do Grupo Cuiabá e, pedologicamente, são compostas por solos do tipo neossolos regolíticos para as áreas com maior declividade e neossolos flúvicos em áreas próximas ao leito do córrego. Apresentam risco de erosão por sulcos e ravinas, em especial nos litotipos mais pelíticos.

Áreas não urbanizáveis (inadequadas): não apresentam condições propícias para a ocupação do solo, pois podem apresentar declividades acima de 15%, compostas por solos extremamente frágeis e por elementos pedológicos de caráter hidromórfico, apresentando níveis d'água elevados durante parte do ano. Localizam-se basicamente nos compartimento de áreas de embaciados e várzeas, além das áreas de planície de inundação. A erosão linear, principalmente nas litologias mais finas e na ausência de cobertura vegetal, constitui fator de alto risco. Esta unidade está sujeita às conseqüências de enchentes, que provocam inundações e alagamentos, colocando em risco a vida e o patrimônio da população, problema potencializado pelo escoamento lento das águas pluviais e servidas.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Engenharia Civil e Ambiental

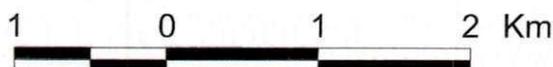


- LEGENDA**
-  Drenagens
 -  Limite da Sub-Bacia
 - Grau de Viabilidade para Urbanização**
 -  Adequada
 -  Adequada com restrições
 -  Inadequada



Escala: 1:50000

Datum Horizontal:
Córrego Alegre - MG
Datum Vertical:
Imbituba - SC



Assunto:

Carta de Viabilidade para Urbanização

Dissertação de Mestrado:

Diagnóstico do Meio Físico como Subsídio ao Planejamento de Uso do Solo da Sub-Bacia do Córrego do Barbado - Cuiabá - MT

Orientador:

Dr. Kurt João Albrecht
Dr. Jonh Kennedy Guedes Rodrigues

Orientando:

Raul Bulhões Spinelli

Fonte: Modificado de VECCHIATO (1993)

Município: Cuiabá - MT

Escala: 1:50000

Estado: Mato Grosso

Data: Outubro/2003

Figura 24 - Carta de Viabilidade para Urbanização

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A Agenda 21 brasileira mostra que as taxas elevadas e crescentes de urbanização, observadas nas duas últimas décadas, promoveram o agravamento dos problemas urbanos, em função do crescimento desordenado e concentrado, da ausência ou carência de planejamento, da demanda não atendida por recursos e serviços de toda ordem, da obsolescência da estrutura física existente, dos padrões ainda atrasados de sua gestão e das agressões ao ambiente urbano. A análise das mudanças e tendências da rede de cidades aponta para um conjunto de problemas ambientais urbanos comuns e para a necessidade de nova abordagem das políticas de desenvolvimento urbano.

As cidades de porte médio, caso de Cuiabá, ainda não apresentam, por uma questão de escala, os efeitos dramáticos do crescimento nas metrópoles ou grandes conurbações. Contudo, a invasão de áreas públicas, mormente ao longo de rios e córregos, já revela um problema que só tende a aumentar: a cidade ilegal ou informal, sem infra-estrutura e com riscos de alagamento, deslizamento e proliferação de doenças na população. O desafio atual das cidades está em buscar modelos de políticas que combinem as novas exigências da economia globalizada com a regulação pública da produção da cidade e com o enfrentamento do quadro de exclusão social e deterioração ambiental.

A metodologia adotada neste trabalho, utilizando o mapeamento geotécnico como instrumento básico de orientação no planejamento urbano, mostrou-se adequada aos objetivos propostos. A análise integrada das características geológicas, geomorfológicas, geodinâmicas, hidrogeológicas e do uso atual do solo, propiciaram a identificação, a caracterização e a classificação dos diferentes níveis de heterogeneidade apresentados pelas feições do meio físico.

Quanto ao fornecimento de produtos ao planejador, considerou-se que podem auxiliar. O documento cartográfico por exemplo, mostra de uma forma global e sintética as regiões mais problemáticas em relação à ocupação do solo, fornecendo subsídios que servem como base às sugestões e propostas de mitigação dos impactos ambientais.

Os resultados obtidos, expressos nos documentos gráficos em escala 1:50.000, mostraram-se bastante úteis na ordenação dos dados, facilitando a análise dos atributos do meio físico considerado.

A sub-bacia do córrego do Barbado apresenta um estágio avançado de ocupação, que predominantemente não tem respeitado as limitações do meio físico como um todo, ocasionando diversos problemas de ordem ambiental, resultado de intenso desmatamento, contaminação sistemática dos recursos hídricos, incremento de processos erosivos e assoreamento.

Os principais problemas na área são :

- i. A degradação do ambiente de parte da região pela crescente e descontrolada densificação da população em áreas desprovidas de infra-estrutura, localizadas em locais impróprios, no que diz respeito à capacidade de suporte do meio físico.
- ii. Obras civis (drenagem, vias públicas e canalização) implementadas inadequadamente.
- iii. Assentamentos irregulares localizados em locais impróprios (áreas alagadiças, planícies de inundação e áreas de preservação permanente - APP) causando inúmeros processos de ravinamento, devido à alta susceptibilidade destes terrenos à erosão linear, quando desprovidos de cobertura vegetal. Também, devem ser considerados os riscos de morte e a perda de patrimônio de parte da população que ocupa essas áreas.
- iv. Assoreamento ao longo do córrego e em áreas de nascentes, ocasionado por desmatamentos.
- v. Lançamento de efluentes *in natura*, principalmente de origem doméstica e dejetos humanos, apresentando altos teores de contaminantes, característica de um esgoto de fraca concentração.
- vi. Processos erosivos lineares em litologias mais frágeis (pelitos).

A análise da planta de uso e ocupação do solo (compreendendo o período 1991/2003) permite afirmar que o ambiente natural da sub-bacia foi transformado muito rapidamente, sem qualquer preocupação em relação à legislação, a padrões de saúde e à qualidade ambiental. O processo de urbanização ocorrido na área estudada vem provocando alterações nas suas características naturais, com sérias conseqüências sociais e urbanas: a deterioração dos recursos naturais e da qualidade ambiental, a descontinuidade da rede de infra-estrutura urbana e a constituição de espaços segregados ocupados pela população de baixa renda. Os impactos sobre o ambiente ocorreram em ritmo inversamente proporcional à capacidade natural de renovação da biota. Concomitantemente, os problemas cresceram com rapidez muito maior que a capacidade de gerenciamento da administração local.

Quando se analisa a Carta de Viabilidade para Urbanização, observa-se que os atributos que mais se mostraram restritivos foram:

- i. as áreas de inundação;
- ii. tipo, natureza e espessura dos materiais inconsolidados;
- iii. declividade;
- iv. permeabilidade e drenabilidade.

Essa Carta retrata ainda as áreas classificadas como inadequadas para a urbanização. Analisando em conjunto as informações obtidas por esta Carta e pela Carta de Uso e Ocupação do Solo atual (figura 21), observa-se uma crescente ocupação nas áreas classificadas como inadequadas para a urbanização.

Uma vez constatada essa situação, recomenda-se a remoção das famílias dessas áreas, medida fundamental para a erradicação das situações de risco existentes. Caso o poder público proceda a esta ação, far-se-á necessário um eficiente sistema de fiscalização da área para evitar sua reocupação. Tentativas anteriores de desocupação nesta região fracassaram pela descontinuidade operacional dos sistemas de vigilância e fiscalização. Após a remoção das moradias, recomenda-se a imediata recuperação florística das áreas desocupadas por dois motivos: desencorajar a reocupação desses terrenos, e para que, a médio e longo prazos, os terrenos recuperem condições de maior estabilidade oferecidas pela vegetação.

Considerando os riscos existentes na área, recomenda-se que a remoção obedeça à seguinte ordem de prioridade:

- i. remoção das famílias assentadas na área de planície de inundação até a cota de 150 m;
- ii. remoção das famílias assentadas nas áreas alagadiças de várzeas;
- iii. remoção das famílias assentadas nas áreas de preservação permanente.

A Carta de Viabilidade para Urbanização mostrou-se importante instrumento de gestão territorial, porquanto estabelece um zoneamento do território, separando e hierarquizando unidades segundo critérios relativos ao meio físico. Cada unidade requer um tratamento específico para o seu uso, a fim de se evitar problemas decorrentes da ocupação inadequada, aproveitando as suas melhores características e gerando, desta forma, um desenvolvimento sustentado do meio físico.

Com base nas informações apresentadas pelos documentos cartográficos desenvolvidos neste trabalho, foram feitas as propostas e sugestões para a mitigação dos impactos inerentes ao uso e ocupação do solo na sub-bacia estudada.

Há, portanto, formas de minimização dos efeitos dos processos atuantes na região mediante planejamento de defesa civil e de ações de reurbanização, levando-se em consideração os riscos envolvidos.

Entre as diversas ações possíveis destacam-se as seguintes, de grande importância para a área:

- i. remanejamento de população em situação de risco, observando-se as áreas de inundação e de preservação permanente (APP), e recuperação das áreas de nascentes, conforme a Lei Complementar 004/92 (Código de Defesa do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais);
- ii. desenvolvimento de um plano urbanístico ordenador da ocupação, baseado nas limitações do meio físico;
- iii. redimensionamento das obras civis que apresentem maiores problemas;
- iv. implementação de sistema de drenagem das águas pluviais e servidas que discipline o escoamento, impedindo sua infiltração nos maciços de terra, a fim de se controlar os processos erosivos lineares;

- v. dragagem, retificação, revestimento e urbanização das margens do córrego;
- vi. limpeza e desassoreamento do canal do córrego;
- vii. desativação e aterro das fossas, principalmente nos terrenos de maior declividade e em áreas de inundação e alagadiças;
- viii. complementação dos equipamentos sociais de infra-estrutura, abertura e pavimentação de vias;
- ix. coleta e tratamento final do esgoto, com implementação de programa de conscientização e educação ambiental e sanitária;
- x. revitalização da área da sub-bacia, mediante a elaboração e a execução de um plano de manejo e tratamento paisagístico a fim de se recuperar e manter a fauna/flora.

Para o sucesso dessas medidas, deve-se buscar a conscientização da população local para auxiliar na tarefa de fiscalização da área e monitoramento das situações de risco, e a orientação para que suas intervenções no meio físico sejam feitas de forma adequada e segura. Neste caso, recomenda-se a elaboração de estudos mais detalhados sobre as inundações da área da sub-bacia, bem como das áreas de preservação permanente (APP) e a execução de um plano de defesa civil preventivo, reduzindo-se perdas sociais e econômicas.

Por fim, urge compatibilizar a necessidade de um inadiável desenvolvimento urbano e econômico com o respeito ao meio ambiente e a qualidade de vida da população, o que exige dos administradores públicos e técnicos envolvidos muito empenho, disciplina e, sobretudo, compromisso com o teor da vida das próximas gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. São Paulo: Edusp, 1969.
- _____. "O Pantanal mato-grossense e a teoria dos refúgios". Revista Brasileira de geografia. [Instituto Brasileiro de geografia e estatística]. Rio de Janeiro: IBGE, v.2 (1), p. 9-57, 1988.
- ALMEIDA, F. F. M. "Alguns problemas das relações geológicas entre o cráton amazônico e as faixas de desdobramentos marginais a leste". In: Anais do 2º. Simpósio de Geologia do Centro-Oeste. Goiânia, GO. Ata. NCO/SBG, 1985.
- ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. 1984. O pré-cambriano do Brasil. São Paulo, Edgrad Blucher.
- ALMEIDA, F.F.M. "Relevo de 'cuestas' da bacia sedimentar do Paraná". Boletim Paulista de geografia. São Paulo (3) 21 – 33. out. 1949.
- ALMEIDA, F.F.M. "Geologia do Centro-leste Mato-grossense". Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro. 1954. p. 1-97.
- _____. "Evolução Tectônica do Centro-oeste Brasileiro no Proterozóico Superior". An. Acad. Bras. Ciências. In: Suplementos do Simpósio de Manto Superior. v. 40: p. 285-293. Rio de Janeiro, 1968.
- ALMEIDA, F.F.M. e RIBEIRO, A.C.O. "A terra em transformação". In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. Geologia de engenharia. São Paulo: CNPQ/Fapesp/ABGE, 1998.
- ALMEIDA, F.F.M. "Geologia do Centro-oeste mato-grossense". Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro (215): 1-133, 1964.
- ALMEIDA, F.F.M. "Traços gerais da Geomorfologia do Centro-oeste Brasileiro". In: ALMEIDA, F.F.M. e LIMA, M.A. Planalto Centro-ocidental e Pantanal mato-grossense. Rio de Janeiro. Conselho Nacional de Geografia. 1959. 169 p., 7-62.
- ALMEIDA, M.C.J. de e FREITAS, C. G. L. "Uso do solo urbano: suas relações com o meio físico e problemas decorrentes". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP. 1996.
- ALVARENGA, S.M.; BRASIL, A. E.; PINHEIRO, R. *et al.* Estudo geomorfológico aplicado à bacia do Alto Rio Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. In: Projeto Radambrasil, Salvador, BA, p.89-183. (S. geomorfologia). 1988.
- AMARAL, C. e LARA, A. "Mapa geológico-geotécnico 1:10.000 voltado para o entendimento dos processos e riscos a escorregamentos no Rio de Janeiro". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Florianópolis, SC, 1998.
- AMARAL, D.L. e FONZAR, B.C. "Vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus produtos econômicos". In: Projeto Radambrasil. Folha SD 21 Cuiabá. Rio de Janeiro. M.M.E. 1982 (Levantamento de recursos naturais, 26).
- ARAÚJO, S.A. Banco de dados georeferenciais da sub-bacia do rio Lira: uma contribuição metodológica para o monitoramento e controle ambiental. (Dissertação de mestrado). Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso, 2002.

- BARBIERI, J.C. Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21. 4ª ed. Petrópolis. Vozes, 1997.
- BARROS, A.M.; SILVA, R.H. da; CARDOSO, O.R.F.A.; FRIRE, F.C.A.; SOUZA JR., J.J. de; RIVETTI, M.; LUZ, D.S. da; PALMEIRA, R.C.B.; TASSINARI, C.C.N. "Geologia". In: Projeto Radambrasil. Folha SD. 21 Cuiabá. Rio de Janeiro. M.M.E. 1982. (Levantamento de recursos naturais, 26).
- BELTRAME, A.V. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BENTO, A.H. e FROTA, C.A. "Mapeamento geotécnico da área de Manaus – AM". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Out. 1998. Florianópolis, SC.
- BINDER, W. Rios e córregos: preservar, conservar, renaturalizar. Rio de Janeiro. Semads, 1998.
- BITAR, O.Y. (Coord.) Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE, IPT, 1995. (Série Meio Ambiente).
- BRANCO, S. M. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. p.1-36. São Paulo: Escrituras, 1999.
- BRILHANTE, O.M. e CALDAS, L.Q.A. (Coord.) Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental. Rio de Janeiro, Fiocruz, 1999.
- BROLLO, M. J.; VEDOVELLO, R.; HOLL, M. C. "O estudo de áreas degradadas em cartografia geotécnica voltada ao planejamento ambiental; a experiência do Instituto Geológico". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Florianópolis, out. 1998.
- BROLLO, M.J. *et al.* "Da carta geotécnica à gestão territorial: o diagnóstico do meio física na porção média da bacia do Rio Piracicaba, SP". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP, nov.1996.
- BURSZTYN, M. (Org.) "Ciência, ética e sustentabilidade". São Paulo: Cortez; Brasília Unesco, 2001.
- CARREGÃ, D. L.; BALZAN, G. "Cartografia geotécnica no planejamento urbano de obras viárias: aplicação ao município de São Paulo". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Florianópolis, out. 1998.
- CARVALHO, E.T. de e PRANDINI, F.L. "Áreas Urbanas". In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. Geologia de engenharia. São Paulo: CNPQ / Fapesp / ABGE, 1998.
- CARVALHO, M.A. Implicações e riscos ambientais decorrentes da qualidade construtiva de poços tubulares profundos na área urbana de Cuiabá. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, 2002.
- CASTRO JÚNIOR, P. R. de (Coord.) Carta geotécnica de Cuiabá. Módulo I. Relatório final. Versão preliminar. Cuiabá, Convênio Universidade Federal de Mato Grosso/Centro de Ciências Agrárias e Prefeitura Municipal de Cuiabá (PMC), 1990.
- CAVALCANTI, C. (Org.) Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 1995.

- CERRI, L.E.S. e AMARAL, C.P. "Riscos geológicos". In: ALMEIDA, F.F.M. e RIBEIRO, A.C.O. A terra em transformação. In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. Geologia de engenharia. São Paulo: CNPQ/Fapesp/ABGE, 1998.
- CERRI, L.E.S.; SILVA, V.C.R. e AUGUSTO FILHO, O. "Considerações sobre a representação cartográfica de riscos geológicos". Revista do Instituto Geológico. São Paulo: IG, volume especial, p. 45-49, 1995.
- CHAFFUN, N. "Dinâmica global e desafio urbano". In: BONDUKI, N. (Org.). Habitat – as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras. 2ª ed., p. 18-29. São Paulo: Studio Nobel, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- COELHO, A.G. A cartografia geotécnica no planejamento regional e urbano: experiência de aplicação na Região de Setúbal. Tese especialista (LNEC), Lisboa, 1980. 160 p.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resoluções 1984-1992, 4ª ed., Brasília, Semam/Conama/Ibama.
- COY, M.; FRIEDRICH, M.R.; SCIEER, M.; AGUIAR, M.V.A. Questão urbana na bacia do alto rio paraguai, Fase I: Diagnóstico. Convênio de Cooperação Científico-tecnológica Brasil-Alemanha, p.121, 1994.
- DE JORGE, F. N. e UEHARA, K. "Águas de superfície". In: CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª ed. Capítulo 7. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- DEL'ARCO, J.D.; SILVA, R.H.; TARAPANOFF, I.; FREIRE, F.A.; PEREIRA, L.G.M.; SOUZA, S.L.; LUZ, D.S.; PALMEIRA, R.C.B.; TASSINARI, C.C.G. "Geologia". In: Projeto Radambrasil. Folhas SE. 20 & 21 Cuiabá. Rio de Janeiro. M.M.E. 1981. (Levantamento de recursos naturais, 27).
- DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. 4ª ed. São Paulo, 1998. 206 p.
- DUARTE, D.H.S. O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá. (Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1995.
- ESTEVES, F.A. "Fundamentos de Limnologia". In: Interciência/Finep, Ecologia Brasiliensis.v.1, 1988. 575 p.
- FANNING, D.J. & FANNING, M.C.B. Soil: Morphology, Genesis and Classification. New York, Jonh Wiley & Sons, 1989. 395 p.
- FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. LABHID-UFPE, Fortaleza: CPRM, 1997.
- FEMA/MT – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso. Diagnóstico da qualidade da água da área de influência. Relatório Final, p. 116, Cuiabá, 2000.
- FEMA/MT – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso. Projeto de recuperação da bacia do rio Cuiabá – Convênio Fema–Empaer, Relatório Parcial, p. 51, Cuiabá, 1999.
- FEMA/MT – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso. Proposta de enquadramento dos principais corpos d'água da bacia do rio Cuiabá. Fema/MMA-PNMA, Cuiabá, 1996.

- FEMA/MT – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso. Qualidade da água dos principais rios da bacia do alto Paraguai. Fema/MMA-PNMA, Cuiabá, 1997.
- FEMA/MT – Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso. Qualidade da água dos principais rios da bacia do alto Paraguai: resultados preliminares. 1º semestre, Cuiabá, 1995.
- FEUERHARMME, A. R.; SANTOS, J.A. L. e RODRIGUES, P. “Aplicação da carta geotécnica de Cuiabá”. Revista do Instituto Geológico. São Paulo: IG, v. especial, p. 121-3. 1995.
- FITZ, P.R. Cartografia básica. Canoas: La Salle, 2000.
- FORMAN, R.T.T. Land Mosaics; The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, 1995.
- FORNASSARI FILHO, N. (Coord.). Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia. São Paulo: IPT, 1992.
- FREIRE, J. Cuiabá nosso bem coletivo. Cuiabá: UFMT, 1988.
- GOUDIE, A. The human impact on the natural environment. 3ª ed., Oxford, Blackwell Publishers, 1990. 388 p.
- HENNIES, W.T. Geologia do Centro – norte Mato-grossense. Tese de doutorado. Escola Politécnica / USP, 1966.
- HOLL, M.C. “A análise da ação antrópica na elaboração de cartas geotécnicas”. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Florianópolis, out. 1998.
- HOLT, M.S. “Sources of chemical contaminants and routes into the freshwater environment”. In: Food and chemical toxicology, v. 38, 2000. p. 21-27.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2000, disponível em: <333.ibge.gov.br>, acesso em: 30 de agos. de 2001.
- INSTITUTO de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano (Cuiabá). Perfil socioeconômico de Cuiabá – ano 2000. Cuiabá, IPDU, 2001.
- JORGE, F. N. e UEHARA, K. “Águas de Superfície”. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (Eds.). Geologia de engenharia. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- LIMA & RONDON LIMA. Estudo qualitativo do Rio Cuiabá. In: Reunião Especial da SBPC. Anais. 2. v.1, p. 328, Cuiabá, 1995.
- LOUREIRO, C.F.B.; LAYRARGUES, P.P. e CASTRO, R.S. (Orgs.) Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate. São Paulo: Cortez, 2000.
- LUZ, J. da S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J. O.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; CARMO, L. S. do; SOUZA, N. B. Projeto Coxipó. Goiânia, DNPM/CPRM, Volume I (Relatório Final), 1980.
- MAGRINI, A. e SANTOS, M.A. dos (Eds.) Gestão ambiental de bacias hidrográficas. Rio de Janeiro, UFRJ/COPPE, Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais, 2001.
- MAITELLE, G.T. Um estudo tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT. (Tese de doutorado). Departamento de Geografia, USP, São Paulo, 1994, 220 p.

- MAITELLE, G.T.; ZAMPARONI, C.A.T. e LOMBARDO, M.A. "Ilha de calor em Cuiabá-MT: uma abordagem do clima urbano". In: Anais do Encontro Nacional de Estudos do Meio Ambiente, III. Londrina, 1991.
- MARCONDES, M.J.A. Cidade e natureza - proteção dos mananciais e exclusão social. São Paulo: Studio Nobel/Fapesp/Edusp, 1999.
- MARGULIS, S. (Ed.) Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos. 2ª ed. Brasília: IPEA, 1996.
- MARTINE, G. (Org.) População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições. Campinas: Unicamp, 1993.
- MENEZES, C.L. Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba. Campinas: Papirus, 1996.
- MIGLIORINI, R. B. Hidrogeologia em meio urbano região de Cuiabá e Várzea Grande - MT. (Tese de doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria Executiva. Departamento de Articulação Institucional e Agenda 21. Nota sobre a ampliação dos debates com a sociedade para a construção da Agenda 21 Brasileira. Brasília, jun. 2000.
- MIRANDA, C.S. Proposta de parcelamento e infra-estrutura urbana na bacia do córrego do Moinho em Cuiabá, Mato Grosso. (Dissertação de mestrado). COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- MOTA, S. Preservação de Recursos Hídricos. Abes, 1995.
- MOTA, S. Planejamento urbano e preservação ambiental. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 1981.
- NOGUEIRA, J.S. e NOGUEIRA, M.C.J.A. Diretrizes aplicadas a trabalhos científicos. Cuiabá: Edufmt, 2000.
- NOVOTNY, V.; OLEM, H. Water quality - prevention, identification and management of diffuse pollution. New York, John Wiley and Sons, 1993.
- OLIVEIRA, A.I. de & LEONARDOS, A. H. Geologia do Brasil. Rio de Janeiro. Serviço de Informação Agrícola. 1943. 813 p.
- OLIVEIRA, V.A.; AMARAL FILHO, Z.P. e VIEIRA, P.C. "Pedologia". In: Projeto Radambrasil. Folha SD. 21 Cuiabá. Rio de Janeiro. M.M.E. (Levantamento de recursos naturais, 26).
- PACHECO, S. M. F. M.; OLIVEIRA, R. "Cartografia geotécnica: aplicação no planejamento urbano e gestão ambiental voltados às necessidades brasileiras". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Florianópolis, out. 1998.
- PEJON, O.J. e ZUQUETTE, L.V. "Mapeamento geotécnico regional na escala 1:1000.000 - Considerações metodológicas". Revista do Instituto Geológico. V. especial. São Paulo: IG, 1995. p. 23-29.
- PELOGGIA, A.U.G. "A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnogeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo". Revista Brasileira de Geociências, 27, 1997. p. 257-268.

- PELOGGIA, A.U.G. "A dialética da Geologia. Temas de geologia inspirados na obra de Friedrich Engels e suas aplicações". Revista Brasileira de Geociências, 25, 1995. p. 107-110.
- PEREIRA, R. et al. "Carta geotécnica do município de Nísia Floresta-RN". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP, 1996.
- PINHO, M. J. Subsídios para o planejamento urbano do meio físico da sub-bacia do córrego do Moinho – Três Barras: Cuiabá – MT. (Dissertação de mestrado). Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2001.
- PIRES, J.S.R. e SANTOS, J.E. "Bacias hidrográficas – interação entre meio ambiente e o desenvolvimento". Revista Ciência Hoje, 19 (110):40-45. 2001.
- PRANDINI, F. L., NAKAZAWA, V., FREITAS, C. G. L. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. São Paulo, IPT, 1991.
- PREFEITURA Municipal de Cuiabá. (Projeto de remanejamento da população em situação de risco na microbacia do Três Barras). Diagnóstico integrado. Cuiabá, PMC, 2001.
- PREFEITURA Municipal do Jabotão dos Guararapes. "Revitalização da Bacia Lagoa Olho d'Água em Jabotão dos Guararapes". In: BONDUKI, N. (org) Habitat: as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras. 2ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 1997.
- REGO NETO, C. B.; FUNKE, D. da S. "Proposta Metodológica para o Planejamento do Uso do Solo com a Utilização de Cartas do Meio Físico". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, III. Florianópolis, 1998.
- Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais. Recife, UFPE, nº 4, 2001.
- RIBAS, O. e NOVAES, P.C. (Coord.) Agenda 21 brasileira – bases para discussão. Brasília: MMA/PNUD, 2000.
- ROLNIK, R. e SAULE JÚNIOR, N. "Habitat II – assentamentos humanos como tema global". In: BONDUKI, N. (Org.) Habitat – as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras. 2ª ed., São Paulo: Studio Nobel, 1998.
- ROMÃO, P. de A.; SOUZA, N. M. "Mapeamento geotécnico da região de Águas Claras, DF: utilização de geoprocessamento". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP, 1996.
- RONDON LIMA, E. B. N. Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá. (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.
- ROSS, J.L. S. e SANTOS, L.M. "Geomorfologia". In: Projeto Radambrasil. Folha SD. 21 Cuiabá. Rio de Janeiro. M.M.E. 1982. (Levantamento de recursos naturais, 26).
- ROSS, J.L.S. "Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental". Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, FFLCH-USP, (9), p.65-75, 1995.

- ROSS, J.L.S. "O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo". Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, FFLCH-USP, 6:17-29, 1992.
- SALOMÃO, F.X.T. "Rio Cuiabá: a geologia e a problemática da erosão e do assoreamento". In: FERREIRA, M.S.F.D. (Org.) O rio Cuiabá como subsídio para a educação ambiental. Cap. 2, Cuiabá: Edufmt, 1999.
- SANTOS JÚNIOR, O.A. Reforma urbana – por um modelo de planejamento e gestão das cidades. Rio de Janeiro: FASE/UFRJ-IPPUR, 1995.
- SANTOS, E.E. dos Uso e ocupação do solo e enchentes urbanas em área tropical: o exemplo de Cuiabá/ MT. (Dissertação de mestrado). Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Gross, 2002.
- SANTOS, G.T.; DIAS, R.D. e MACCARINI, M. "Mapa geotécnico e a avaliação do comportamento mecânico dos solos de Florianópolis-SC". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP, 1996.
- SELBORNE, L. "A ética do uso de água doce: um levantamento". Cadernos Unesco Brasil. Brasília, 2002. v.3.
- SHIKLOMANOV, L.A. "Global water resources". In: Nature and resources. Paris-Unesco, 1999. v.26, p. 34-43.
- SHIRASHI, F.K.; VECCHIATO, A.B.; MELO, R.T. Zoneamento das áreas inundáveis da cidade de Cuiabá. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso. 1991.
- SMOLKA, M.O. "Meio ambiente e estrutura intra-urbana". In: População, meio ambiente e desenvolvimento – verdades e contradições. Campinas: Unicamp, 1993. p. 133-147.
- SOUZA, A.F.S. Poluição ambiental decorrente da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos no solo – estudo de caso: Lixão de Cuiabá. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso, 1999.
- SOUZA, C.R.G. "Cartografia de risco à inundação no litoral paulista: o exemplo do município de São Sebastião". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP, 1996.
- SOUZA, N.C.D.C. Mapeamento geotécnico com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração. Monografia geotécnica nº 2. Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1992.
- SPERLING, M.V. "Análise da incerteza em estudos ambientais. Aplicação na modelagem da qualidade de água de rios". Bio – Engenharia Sanitária e Ambiental. Nº 1, p.2-10, 1993.
- SPERLING, M.V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Segrac, 1996.
- STRAHLER, A.N. "Hypsometric [área-altitude] analysis of erosional topography". Geol. Soc. America Bulletin, 63. 1952.
- TUCCI, C.E.M. "Crescimento Urbano e as enchentes". RBE – cadernos de recursos Hídricos, v. 12 (1), p. 117-136. jun. 1994.

- TUCCI, C.E.M. Gestão de água no Brasil. Brasília: Unesco, 2001.
- TUCCI, C.E.M. "Inundações Urbanas". In: PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. de (orgs). Drenagem Urbana. Porto Alegre: UFPRS / ABRH, 1995.
- TUCCI, C.E.M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O.M. "Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água". Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 5, nº 3, p. 31-43. 2000.
- VECCHIATO, A.B. Fotointerpretação geológico-geotécnica aplicada ao planejamento urbano de Cuiabá e Várzea Grande/MT. (Dissertação de mestrado). Esalq/USP, 1987.
- VECCHIATTO, A. B. Mapeamento geotécnico da área urbana de Cuiabá – MT (Escala 1:25.000). (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- VEIGA DE SÁ, C. Memória de um Cuiabano Honorário. Cuiabá, 1945.
- ZUQUETTE, L.V. e NAKAZAWA, V.A. "Cartas de Geologia de Engenharia". In: OLIVEIRA, A.M.S. e BRITO, S.N.A. Geologia de Engenharia. São Paulo: CNPQ / Fapesp/ ABGE, 1998.
- ZUQUETTE, L. V. Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras. 3 v. (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.
- ZUQUETTE, L.V. e GANDOLFI, N. "Mapeamento geotécnico: uma proposta metodológica". In: Geociências. v. 9, 1990. p. 55-66.
- ZUQUETTE, L.V. e PEJON, O. J. "Carta de zoneamento geotécnico geral da região de Franca-SP utilizando os critérios de Landforms". In: Anais do Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, II. São Carlos, SP, 1996.