

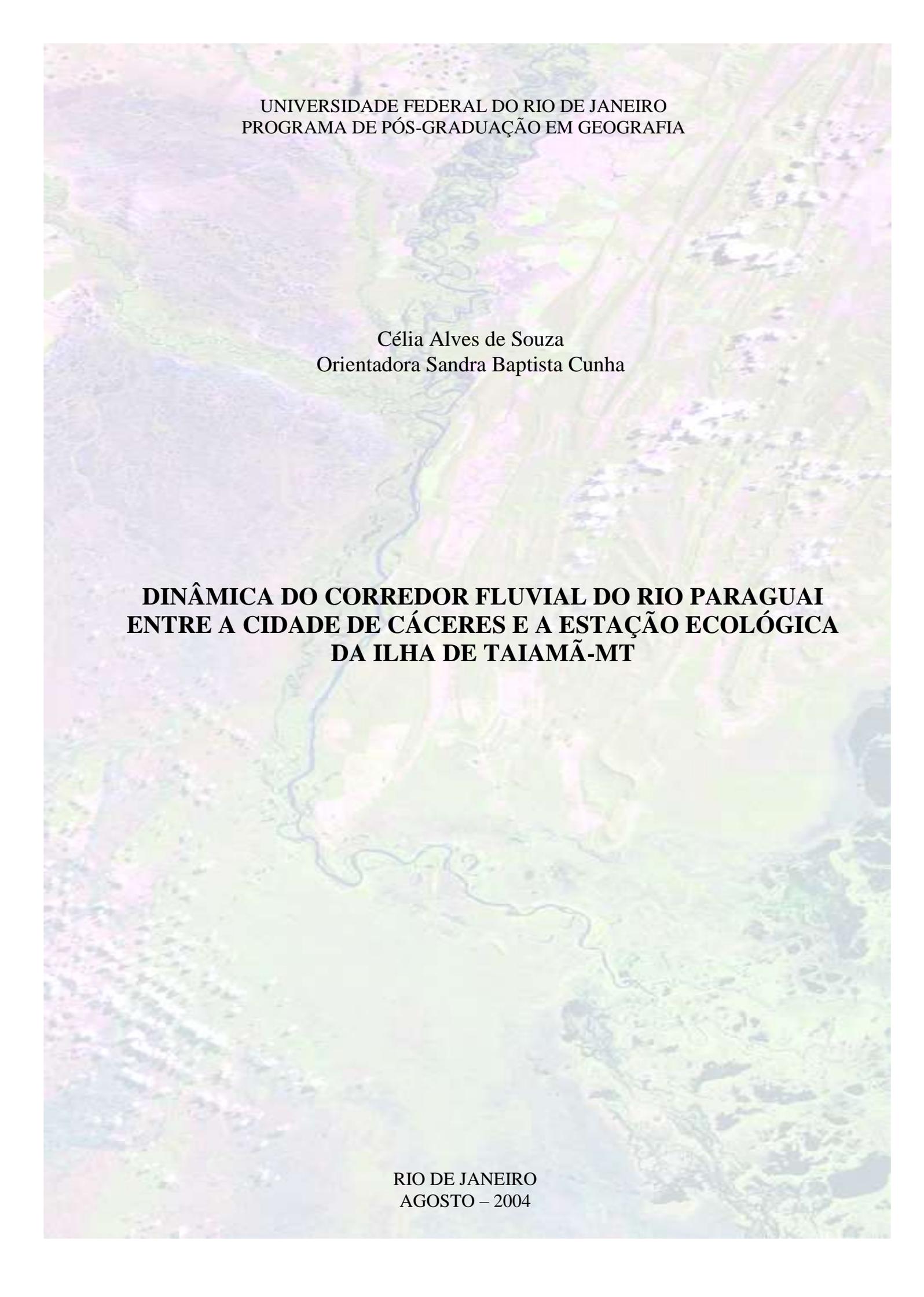
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Célia Alves de Souza

**DINÂMICA DO CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI  
ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA  
DA ILHA DE TAIAMÃ-MT**

Tese apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

RIO DE JANEIRO  
AGOSTO – 2004



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Célia Alves de Souza  
Orientadora Sandra Baptista Cunha

**DINÂMICA DO CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI  
ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA  
DA ILHA DE TAIAMÃ-MT**

RIO DE JANEIRO  
AGOSTO – 2004

*Filhos como são importantes!  
Trazem muita alegria...  
Tive a felicidade de ter dois.  
O Vitor companheiro e vitorioso.  
E Gabriela amiga e enviada de Deus.  
O Vitor nasceu prematuro dia 17 de janeiro de 2000  
Para que eu pudesse cursar o doutorado  
Dormia a noite toda.  
Parecia que entendia que eu tinha que estudar no dia seguinte.  
No decorrer desses quatro anos, esteve sempre presente.  
Gabriela chegou muito linda!  
Nasceu na tarde de 28 de novembro de 2002.  
Suas características são de um anjo.  
Muito risonha, doce e independente.  
Dando sua contribuição no decorrer desta tese.*

*Célia Alves de Souza  
Março 2004*

*Aos meus filhos, Vitor e Gabriela.  
Ao meu esposo, Juberto.  
Aos meus pais, Flarentino e Eurípides.  
Aos meus irmãos e sobrinhos.*

***Dedico.***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença em cada dia da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela oportunidade de realizar o doutorado.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, pela concessão de afastamento remunerado. Aos professores do Departamento de Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso, pelo apoio. Em especial à professora Rosália e os ex-alunos Eliete, Aguinaldo e Davi do Curso de Geografia da UNEMAT, pela contribuição no decorrer desta pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de PICDT.

À professora e pesquisadora Sandra Baptista Cunha, pela orientação, confiança, amizade e dedicação, durante o desenvolvimento deste trabalho. Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, e às funcionárias da Idione e Nildete da PPGG, pela atenção e pelo apoio.

Ao professor Carlos Antonio Álvares Soares Ribeiro do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pela oportunidade em adquirir informações sobre Sistemas de Informações Geográficas, e aos colegas Fausto e Rogério da Geomática.

Ao meu esposo e companheiro Juberto, e meus filhos Gabriela e Vitor, pelo amor, pela alegria e pelo incentivo.

Aos meus pais Flarentino e Eurípides, e aos meus irmãos Maria José, Aparecida, Neuza e Daniel (geógrafo) e sobrinhos Elizangela, Rafael, Patrik, Paola,

Luana, Neto, Maria Vitória, Lucas, Maria Eduarda e Mateus, pelo apoio e pela compreensão. Aos meus sogros, Pedro David e Coleta, e às minhas cunhadas e cunhados, pelo apoio prestado.

Aos meus amigos de todas as horas, Beth, Cida, Edevaldo, Patrícia, China, Rutimar; Célia Borges, Elias, Cristina, Eunice, Helena e Antonio Rosestolato. Aos amigos conquistados no decorrer deste trabalho Leoneida, Eufra, Nazaré, Edson, Ademilso, Momade, Paula, Alfredo, Regiane, pelo constante incentivo, amizade e carinho. Aos viçosenses, Joaquim, Eugenia, Salvador, Rita, Jacinto, Cida, Arlete, Beth e Helena, pela ótima convivência. Aos colegas de doutorado, Lílian, Clara, Vitor e Odete, pelas contribuições e convivência.

À minha funcionária Castiana, pela inestimável ajuda e presença marcante. Às crianças, Lio, Bruno, Gabriel, Davi, Laudo, Ellen, Leonardo e Pedro Henrique, pela presença e alegria em minha casa.

A todos que, indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e alcance do objetivo proposto.

## **BIOGRAFIA**

CÉLIA ALVES DE SOUZA, filha de Flarentino Fernandes de Souza e Eurípides Alves da Silva, nasceu no dia 15 de outubro de 1966, em Paranaíba, Mato Grosso do Sul.

Em 1990, iniciou o curso de Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, graduando-se em 1993. Durante o curso de graduação foi bolsista do CNPq.

Em março de 1994, iniciou a carreira de magistério superior, como professora efetiva, assumindo o cargo de professora Auxiliar Nível I, no Departamento de Geografia, da Universidade do Estado de Mato Grosso, ministrando as disciplinas Geomorfologia I e Geomorfologia II. Em agosto de 1994, assumiu a chefia do Departamento de Geografia.

No período de julho de 1994 a janeiro de 1996, cursou Pós-Graduação Lato Sensu em Geografia e Planejamento Ambiental, pela Universidade Católica – PUC de Belo Horizonte MG.

Em março de 1996, ingressou no Curso de Mestrado em Geografia, no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, concluindo-o em janeiro de 1998.

Em março de 2000, iniciou o Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, defendendo a tese em agosto de 2004.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
LISTA DE QUADROS .....	xiii
LISTA DE TABELAS .....	xiv
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
RESUMO .....	xxi
ABSTRACT .....	xxiii
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. Objetivo geral .....	3
1.1.2. Objetivos específicos .....	5
AMBIENTE DO CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ-MT .....	6
RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	6
2. ÁREA DE ESTUDO .....	7
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
3.1. Precipitação .....	12
3.2. Nível das águas .....	12
3.3. Levantamento e elaboração de mapas das características ambientais .....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
4.1. Geologia .....	15
4.1.1. Compartimento I .....	15

4.1.2. Compartimento II.....	18
4.1.3. Compartimento III .....	18
4.2. Precipitação.....	18
4.3. Nível das águas .....	20
4.4. Geomorfologia .....	22
4.4.1. Compartimento I.....	22
4.4.2. Compartimento II.....	22
4.4.3. Compartimento III .....	24
4.5. Bacias contribuintes .....	26
4.5.1. Compartimento I.....	26
4.5.2. Compartimento II.....	29
4.5.3. Compartimento III .....	30
4.6. Solos.....	31
4.6.1. Compartimento I.....	31
4.6.2. Compartimento II.....	31
4.6.3. Compartimento III .....	31
4.7. Cobertura vegetal .....	33
4.7.1. Compartimento I.....	33
4.7.2. Compartimento II.....	35
4.7.3. Compartimento III .....	36
5. CONSIDERAÇÕES .....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI: OCUPAÇÃO DA PLANÍCIE E NAVEGAÇÃO ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ-MT .....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	40
1. INTRODUÇÃO .....	41
2. ÁREA DE ESTUDO .....	42
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	44
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1. Ocupação da planície .....	46
5.2. Uso atual da planície e impactos.....	44
5.2.1. Infra-estrutura .....	56

**Página**

5.3. Evolução do processo de navegação.....	58
5.4. Atividades alternativas.....	61
5.4.1. Ecoturismo.....	61
5.4.2. Pesca esportiva.....	62
5.4.3. Tanque-rede.....	62
6. CONSIDERAÇÕES.....	63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
DINÂMICA DAS FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E MIGRAÇÃO LATERAL DO CANAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ -MT.....	66
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	66
1. INTRODUÇÃO.....	67
2. ÁREA DE ESTUDO.....	68
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	72
3.1. Características fisiográficas e dinâmica dos canais fluviais.....	72
3.1.1. Canais meandantes.....	74
3.1.2. Planície de inundação.....	75
3.1.3. Migração lateral.....	76
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	77
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
5.1. Mudanças espaço-temporais das feições morfológicas da planície fluvial.....	78
5.1.1. Compartimento I.....	79
5.1.2. Compartimento II.....	85
5.1.3. Compartimento III.....	86
5.2. Mudanças espaço-temporais no canal fluvial.....	89
5.2.1. Compartimento I.....	90
5.2.1.1. Transferência do canal devido ao rompimento do colo do meandro.....	90
5.2.1.2. Migração lateral.....	91
5.2.2. Compartimento II.....	93
5.2.3. Compartimento III.....	95
6. CONSIDERAÇÕES.....	96

**Página**

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98
DINÂMICA DAS MARGENS DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ-MT..	101
RESUMO.....	101
ABSTRACT.....	101
1. INTRODUÇÃO .....	101
2. ÁREA DE ESTUDO .....	102
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	105
3.1. Composição das margens.....	105
3.1.1. Granulometria dos sedimentos.....	106
3.1.2. Densidade aparente .....	107
3.1.3. Teor de matéria orgânica .....	107
3.2. Erosão fluvial.....	107
3.3. Erosão de margem .....	109
3.4. Monitoramento da erosão .....	109
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	110
4.1. Composição das margens.....	110
4.1.1. Granulometria (dispersão total).....	110
4.1.2. Densidade aparente .....	111
4.1.3. Teor de matéria orgânica.....	111
4.2. Vazões.....	111
4.3. Margens .....	112
4.3.1. Tipos .....	112
4.3.2. Erosão .....	112
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
5.1. Atributos das margens .....	115
5.1.1. Composição .....	115
5.1.1.1. Granulometria .....	116
5.1.1.2. Densidade aparente .....	117
5.1.1.3. Teor de matéria orgânica.....	118
5.1.2. Vazão .....	118

5.1.3. Margens .....	120
5.1.3.1. Tipos .....	120
5.1.3.2. Erosão .....	121
5.1.3.2.1. Compartimento I .....	122
5.1.3.2.2. Compartimento II .....	125
5.1.3.2.3. Compartimento III .....	126
6. CONSIDERAÇÕES .....	126
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	128
 DINÂMICA DE FUNDO DO CANAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ-MT .....	 131
RESUMO.....	131
ABSTRACT.....	131
1. INTRODUÇÃO .....	132
2. ÁREA DE ESTUDO .....	132
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	134
3.1. Transporte de sedimentos .....	135
3.2. Deposição fluvial .....	136
3.3. Morfologia da calha .....	137
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	137
4.1. Regime de vazão .....	137
4.2. Transporte de carga sólida em suspensão e de fundo.....	137
4.3. Deposição de sedimentos na planície de inundação.....	138
4.4. Morfologia da calha.....	138
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	141
5.1. Dinâmica do canal .....	141
5.1.1. Vazão .....	141
5.1.2. Transporte de sedimentos .....	141
5.1.3. Acumulação de sedimentos na planície .....	145
5.2. Morfologia do fundo do canal .....	146
5.2.1. Compartimento I.....	146
5.2.2. Compartimento II.....	150
5.2.3. Compartimento III .....	165
6. CONSIDERAÇÕES .....	168

**Página**

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	169
CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS .....	172
GLOSSÁRIO	174

## LISTA DE QUADROS

	<b>Página</b>
1 <sup>o</sup> Artigo	
1 Elementos ambientais nos três compartimentos morfológicos, do corredor fluvial .....	14

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
1 <sup>o</sup> Artigo	
1	Elementos ambientais e sua área de ocorrência nos compartimentos morfológicos ..... 16
2	Bacias contribuintes, do rio Paraguai no corredor fluvial ..... 27
2 <sup>o</sup> Artigo	
1	Uso da planície fluvial nos três compartimentos morfológicos..... 49
2	Tipo e quantidade de embarcações que navegam pelo rio Paraguai..... 60
3 <sup>o</sup> Artigo	
1	Área e extensão das planícies e do leito do corredor fluvial em 1975..... 79
2	Feições morfológicas, mapeadas em 1975 e 2000, no corredor fluvial do rio Paraguai ..... 81
3	Acréscimo e perda de área das baías no corredor fluvial ..... 84
4	Mudanças no tamanho das lagoas do corredor fluvial..... 84
5	Acréscimo e perda de área das ilhas no corredor fluvial ..... 85
6	Mudanças na extensão do canal nos segmentos que rompeu o colo do meandro ..... 93
	<b>Página</b>

#### 4º Artigo

1	Resultados da análise granulométrica, densidade aparente e teor de matéria orgânica, dos solos das margens, nas 17 seções onde foram colocados os pinos de erosão .....	117
2	Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de pinos de erosão, nos três compartimentos, no período de 1 ano (setembro de 2001 a agosto de 2002).....	123
3	Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de estacas e mastros da Marinha, nos três compartimentos .....	123

#### 5º Artigo

1	Descarga sólida do rio Paraguai.....	143
2	Vazão, concentração de sedimentos em suspensão e de fundo e velocidade da água, nas seções 27, 28, 29 e 30 .....	145
3	Espessura de acumulação de sedimentos na planície fluvial, obtidos por meio de estacas, nos três compartimentos do corredor fluvial, no período de 11 meses (setembro de 2001 a agosto 2002) .....	147

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1 O corredor fluvial do rio Paraguai entre Cáceres e a ilha de Taiamã, a localização no Brasil e no município de Cáceres .....	2
2 Blocos diagramas ilustrativos: (a) compartimento I, (b) compartimento II e (c) compartimento III .....	4
1º Artigo	
1 Corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres .....	8
2 Divisão dos Pantanaís, com respectivas bacias hidrográficas. Adaptada de SILVA e ABDON (1998). Parte da área de estudo encontra-se nos Pantanaís: Corixo Grande-Jauru-Paraguai e Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho.....	10
3 Esboço dos aspectos geológicos, do corredor fluvial do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado) na escala 1:100.000 (1975) e mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982).....	17
4 Valores de precipitações médias mensais no período de 25 anos (1975 a 2000), no Corredor Fluvial. Fonte: Escola Agrotécnica Federal de Cáceres/ Estação Pluviométrica de Cáceres – ANA (Agência Nacional de Águas) .....	19

**Página**

5	Variações no nível das águas do rio Paraguai. Estação de Fluviométrica de Cáceres (1975-1999). Fonte: ANA – Agencia Nacional de Águas .....	21
6	Varição no nível das águas do rio Paraguai. Estação Fluviométrica de Descalvado (1975-1999). Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas...	21
7	Esboço das Unidades Geomorfológica do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1: 100.000 (1975) e mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982).....	23
8	Esboço das bacias contribuintes do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1: 100.000 (1975) e Imagem de Satélite na escala de 1:100.000 .....	25
9	Esboço das Classes de solo, do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1: 100.000 (1975). Mapas solos do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982) SEPLAN 1:250.000 (2000).....	32
10	Esboço da cobertura vegetal, do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1:100.000 (1975). Mapas das Formações Vegetais do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982) e da SEPLAN na escala 1:250.000 (2000) .....	34

## 2º Artigo

1	Corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres .....	43
2	Substituição da vegetação ciliar do rio Paraguai por (A) hotel Baiazinha (B) Centro de Cáceres (C) hotel Pantanal Três Rios (D) casa de veraneio .....	49
3	Uso da planície, no corredor fluvial, nos três compartimentos morfológicos .....	50
4	(A) Efeito do atrito das grandes embarcações (comboios) nas margens (B) erosão das margens do rio Paraguai, no perímetro urbano (C) pesca de barranco e erosão nas margens (D) lançamento de esgoto .....	51
5	Potencial do corredor fluvial: praias, hotéis, sítios arqueológicos e centro histórico .....	53

**Página**

6	(A) sede da fazenda Descalvado (B e C) Festival Internacional de Pesca de Cáceres, com intensificação de embarcações (D) fazenda Barranco Vermelho (E) arqueologia-urnas funerárias (F) sitio arqueológico Índio Grande .....	54
7	Ilustrações de animais e vegetações encontradas no corredor fluvial (A) onça pintada (B) jacaré (C) araras (D) aguapé (E) vitória régia (F) ipê rosa. Fonte: CD da EMBRAPA Pantanal .....	55
8	(A) draga extraíndo areia (B) comboios com chatas e rebocador (C) vista área de barcos ancorados no rio Paraguai em Cáceres (D) ancoradouro da Ceval .....	59

### 3º Artigo

1	O corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres. I, II e III representam os compartimentos estudados.....	69
2	Compartimento I: (A) Aspectos do corredor fluvial (B) rio Paraguai e furado .....	71
3	Mudanças nas feições morfológicas (1975 e 2000), no compartimento I, no corredor fluvial .....	82
4	Mudanças nas feições morfológicas (1975 e 2000), no compartimento II, no corredor fluvial.....	87
5	Mudanças nas feições morfológicas (1975 e 2000), no compartimento III .....	88
6	Migração lateral do canal fluvial no compartimento I.....	92
7	Migração lateral do canal fluvial no Compartimento II .....	94
8	Migração lateral do canal fluvial no compartimento III .....	96

### 4º Artigo

1	O corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres.....	103
---	--	-----

2	Localização das seções monitoradas ao longo do rio Paraguai, no corredor fluvial, de setembro de 2001 a agosto de 2002 .....	113
3	Visualização dos procedimentos realizados para monitorar a erosão nas margens (A), mastro da Marinha (B), estaca e (C) pino de erosão ..	114
4	Dinâmica das margens .....	115
5	Vazão média mensal no período de 27 anos (1968 a 1995) (Fonte: ANNA/ANEEL) .....	119
6	Oscilação do nível da água no rio Paraguai, no corredor fluvial .....	119
7	Tipos de margens do corredor fluvial .....	120
8	Processos erosivos atuantes na margem (A) corrasão e (B) desmoramento por basculamento.....	121

#### 5º Artigo

1	O corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres. Além da localização dos trechos que ocorreu mudanças temporais na morfologia do fundo do canal, nos três compartimentos.....	134
2	Localização das seções monitoradas ao longo do rio Paraguai, no corredor fluvial, de setembro de 2001 a agosto de 2002 .....	140
3	Média de vazão e concentração de sedimentos, nos anos 1979, 1980 e 1981 (Fonte: Companhia Pesquisas Recursos Minerais–CPRM, dados não publicados).....	144
4	Médias diárias de vazão, concentração de sedimentos em suspensão e de fundo nas seções 27, 28, 29 e 30 (Fonte: PCBAP Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – Hidrossedimentologia do Alto Paraguai do Alto Paraguai) .....	146
5	Perfis transversais (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979).....	148
6	Trecho 1, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento I. ....	150
7	Perfis transversais (8 e 9) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979, 1987 e 2000).....	153
8	Perfis transversais (10, 11 e 12) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979, 1987 e 2000) .....	154

**Página**

9	Trecho 1, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	156
10	Trecho 2, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	157
11	Trecho 3, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	159
12	Trecho 4, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	160
13	Trecho 5, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	162
14	Trecho 6, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	164
15	Trecho 7, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.....	165
16	Trecho 1, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento III.....	167
17	Perfis transversais (13, 14, 15 e 16) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979).....	168

## RESUMO

A área selecionada encontra-se no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraguai, entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. Abrangendo aproximadamente, 688 km<sup>2</sup>, encontra-se entre as coordenadas geográficas 16° 00' a 17° 00' de latitude Sul e 57° 30' a 58° 00' de longitude Oeste, sendo que as cotas altimétricas variam de 90 a 120 m. Corresponde ao um corredor fluvial, que abrange a calha do rio e a planície fluvial. O estudo objetivou analisar alguns aspectos da dinâmica fluvial do rio Paraguai, tendo em vista as alterações atuais. O primeiro artigo refere-se aos elementos ambientais. O corredor fluvial constitui-se de áreas planas de Planícies e Pantanaís e uma pequena porção da Depressão do Alto Rio Paraguai. É recoberto por sedimentos do Quaternário da Formação Pantanal, sobre os quais encontram-se os seguintes solos: Gleissolo Háplico Tb Eutrófico (dominância), Plintossolo Háplico Distrófico, Planossolo Hidromórfico Distrófico, Planossolo Háplico Eutrófico e Vertissolo Hidromórfico. Em relação à cobertura vegetal, foram observadas Contado Floresta Estacional/Savana, Savana-Parque Associadas às Áreas Pantanaís, Formações Justafluviaís, Savana Florestada, Floresta Aluvial e Savana Arborizada com Floresta Galeria. As bacias contribuintes são representadas por canais de pequeno porte. O maior afluente é o rio Jauru. O segundo artigo consta de informações sobre a ocupação da planície e evolução da navegação. Os maiores problemas ambientais são decorrentes da expansão urbana de Cáceres, enquanto, no canal, os impactos são devidos principalmente à navegação. O terceiro artigo refere-se as alterações nas feições morfológicas da planície fluvial e mudanças na calha do rio. Foram diagnosticadas várias mudanças nas feições morfológicas, tais como a junção de baías e lagoas, ou de

baía com baía; o surgimento e desaparecimento de lagoas, baías e ilhas, furados, braços e vazantes; a diminuição ou aumento do tamanho de lagoas e baías. As mudanças no canal estão relacionadas à redução na sinuosidade; ao realinhamento do canal devido à erosão das margens; bem como ao processo de deposição de sedimentos grosseiros. O quarto artigo refere-se à dinâmica das margens. A magnitude da erosão é muito elevada (1.18 a 7.27 cm, em 11 meses). O processo erosivo intenso está relacionado, principalmente, às margens altas (1,30 a 3,10 m) e íngremes, alta densidade aparente dos solos argilosos, ao baixo teor de matéria orgânica e à oscilação do nível de vazão. O quinto artigo mostra a dinâmica de fundo do canal. Evidenciaram-se as mudanças nos três compartimentos. No compartimento I, observou-se mudança em um trecho, devido à deposição de sedimentos na calha e surgimento um novo canal principal pelo rompimento do colo do meandro. No compartimento II, houve transferência do trajeto do talvegue e diminuição na profundidade do canal (formação de bancos de sedimentos, barras submersas) No compartimento III, registraram-se mudanças em um trecho, tais como aumento de barras laterais e centrais de sedimentos.

## **ABSTRACT**

The selected area is found in the high course of the Paraguay river hydrographic basin, between Cáceres county and the Taimã Island Ecological Station –MT. It comprises 688 km<sup>2</sup> approximately, and is between the geographical coordinates 16° 00' to 17° 00' South latitude and 57° 30' to 58° 00' West longitude, whereas the altimetric quotes range from 90 to 120m. It corresponds to the a fluvial corridor including the river trough and the fluvial plain. The study aimed at analyzing some aspects of the fluvial dynamics in Paraguay river, taking into account the alterations that occurred there. The first article is related to the environmental elements. The fluvial corridor is constituted of plane areas with Plains and Swamplands and a small portion of the Paraguay River High Depression. It is covered by sediments of the Pantanal Formation Quaternary, upon which are the following soils: Eutrophic Haplic Gleysol (dominance), Distrophic Haplic Plintosol, Distrophic Hydromorphic Planosol, Eutrophic Haplic Planosol and Hydromorphic Vertisol. In relation to the vegetative cover, the following were observed: Savannah/ Tropical Forest Contato/, Savanna-Park Associated to Wetland Areas, Riverine Formations, Forested Savannah, Alluvial Forest and Arboreous Savannah with Gallery Forest. The contributory basins are represented by small channels. The largest tributary is the Jauru river. The second article consists of information about the occupation of the plain and evolution of the navigation. The main environmental problems are a consequence of the urban expansion in Cáceres county, while the impacts in the channel rather come from navigation. The third article refers to the alterations in the morphologic features of the fluvial plain and the changes in the trough of the river. Several changes were diagnosed in the morphologic features, such as: the

junction of either bays with ponds or bay with bay; the appearance and disappearance of ponds, bays and islands, gut, armlets and ebb tides; the decrease or increase in the size of ponds and bays. The changes in the channel are related to: the reduced sinuosity; the realignment of the channel due to the erosion in margins; and to the deposition process of rough sediments. The fourth article refers to the dynamics in the margins. The magnitude of the erosion is wide (1.18 to 7.27 cm over 11 months). The intensive erosion process is mainly related to the steep and high margins (1.30 to 3.10 m), high apparent density of the loamy soils, low content of organic matter, and the oscillation of the flow rate level. The fifth article shows the dynamics of the channel bottom, and emphasizes the changes in those three compartments. In compartment I, the change was observed in one segment due to deposition of sediments in the trough and the emergence of a new main channel due to the disruption of the bend depression. In compartment II occurred a transfer of the thalweg course and a decrease in the channel depth (formation of sediment banks, submerged bars). In compartment III, some changes in a segment, such as an increase in the lateral and central bars of sediments.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Os rios constituem um dos componentes mais sensíveis da paisagem, apresentando habilidade de respostas rápidas às perturbações sofridas na bacia hidrográfica e no próprio canal. Tais perturbações podem variar, consideravelmente. Em geral, alteram o regime do fluxo, ou a carga de sedimentos transportados e depositados pelo rio, acentuando o desequilíbrio no canal.

Outro fator importante é a ação humana. O homem, como um ser social, interfere, criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos na implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, instalação de barragens, implementação da navegação, retificação/canalização de canais fluviais, dentre outras atividades. Essas mudanças geram a necessidade de maiores informações sobre a dinâmica da bacia de drenagem, os riscos prováveis e as alterações aceitáveis na bacia, que repercutem direta, ou indiretamente, nos rios e na planície.

A área selecionada localiza-se no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraguai, correspondendo ao corredor fluvial (calha e planície marginal sujeita a inundação periódica) no trecho entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã – MT. Abrange, aproximadamente, 688 km<sup>2</sup>. Encontra-se entre as coordenadas geográficas 16° 00' a 17° 00' de latitude Sul e 57° 30' a 58° 00' de longitude Oeste, no ecossistema pantaneiro, onde as cotas altimétricas variam de 90 a 120 m (Figura 1).

O trabalho foi dividido em artigos, para melhor síntese do conteúdo. O primeiro artigo refere-se aos elementos ambientais. O segundo consta de informações sobre o uso do corredor fluvial (navegação, ocupação da

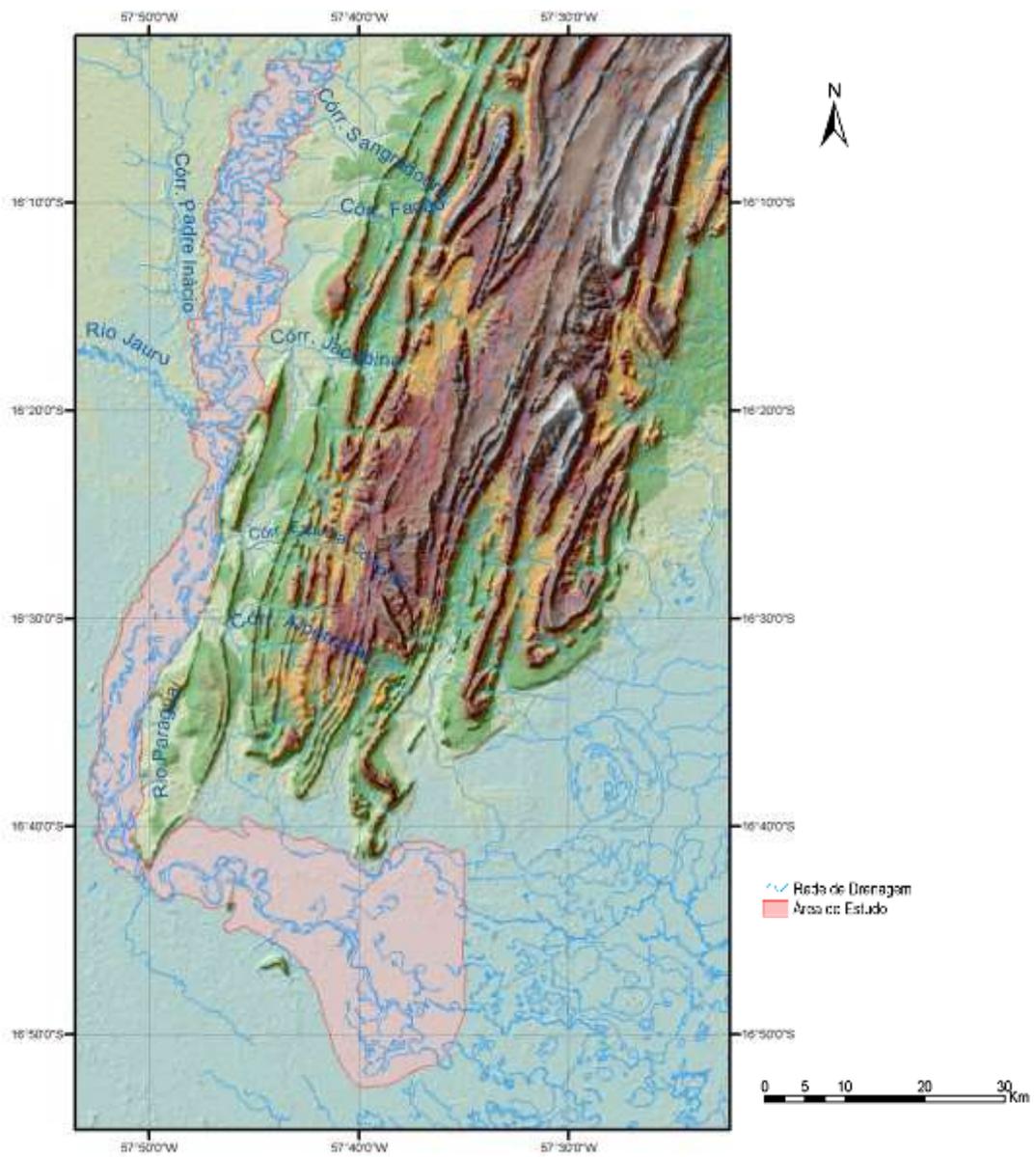
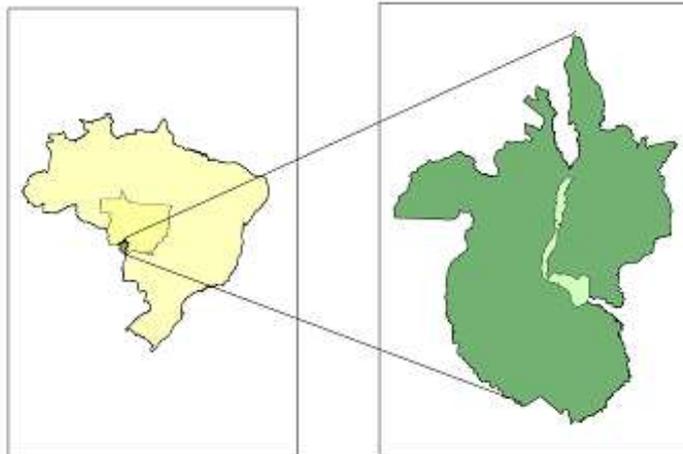


Figura 1 – O corredor fluvial do rio Paraguai entre Cáceres e a ilha de Taiamã, a localização no Brasil e no município de Cáceres.

planície e área preservada) O terceiro refere-se às alterações nas feições morfológicas do corredor fluvial e na calha do rio. O quarto aborda a dinâmica das margens. No quinto e último artigo constam informações sobre a dinâmica de fundo do canal.

A variação do padrão do canal, causada pela litoestrutura regional e morfologia, possibilitou a divisão da área de estudo em três compartimentos (Figura 2 a, b, c). O primeiro compartimento (32,5 km de extensão) estende-se da cidade de Cáceres à foz do rio Jauru. O segundo compartimento inicia na foz do rio Jauru e termina na fazenda Santo Antonio das Lendas. O terceiro compartimento inicia na fazenda Santo Antonio das Lendas e termina na ilha de Taiamã.

Na presente pesquisa, a escolha deste segmento do rio Paraguai é justificada, em razão da própria extensão da bacia hidrográfica do rio, que promove uma dinâmica setorizada em termos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Outro aspecto considerado na seleção deste trecho é a própria característica do corredor fluvial, (baixa declividade, periodicidade das chuvas, aspectos morfológicos), além da intensificação da presença de grandes embarcações (comboios de carga e barcos de turismo), que navegam no rio, e a expansão urbana de Cáceres.

O conhecimento da tendência espacial e temporal dos processos dominantes (erosão, transporte e erosão), nos três diferentes compartimentos do corredor fluvial é essencial ao monitoramento e previsão dos riscos de degradação do ambiente, contribuindo para um diagnóstico da dinâmica da calha e planície de inundação, em termos de armazenagem, estágio de evolução, magnitude da instabilidade do canal e deposição de sedimentos.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo geral**

Analisar a dinâmica fluvial do rio Paraguai, em três compartimentos, situados entre a cidade de Cáceres e a Ilha Taiamã, no período de 1975 a 2000, tendo em vista as recentes mudanças no processo de transporte de sedimentos e assoreamento do canal.

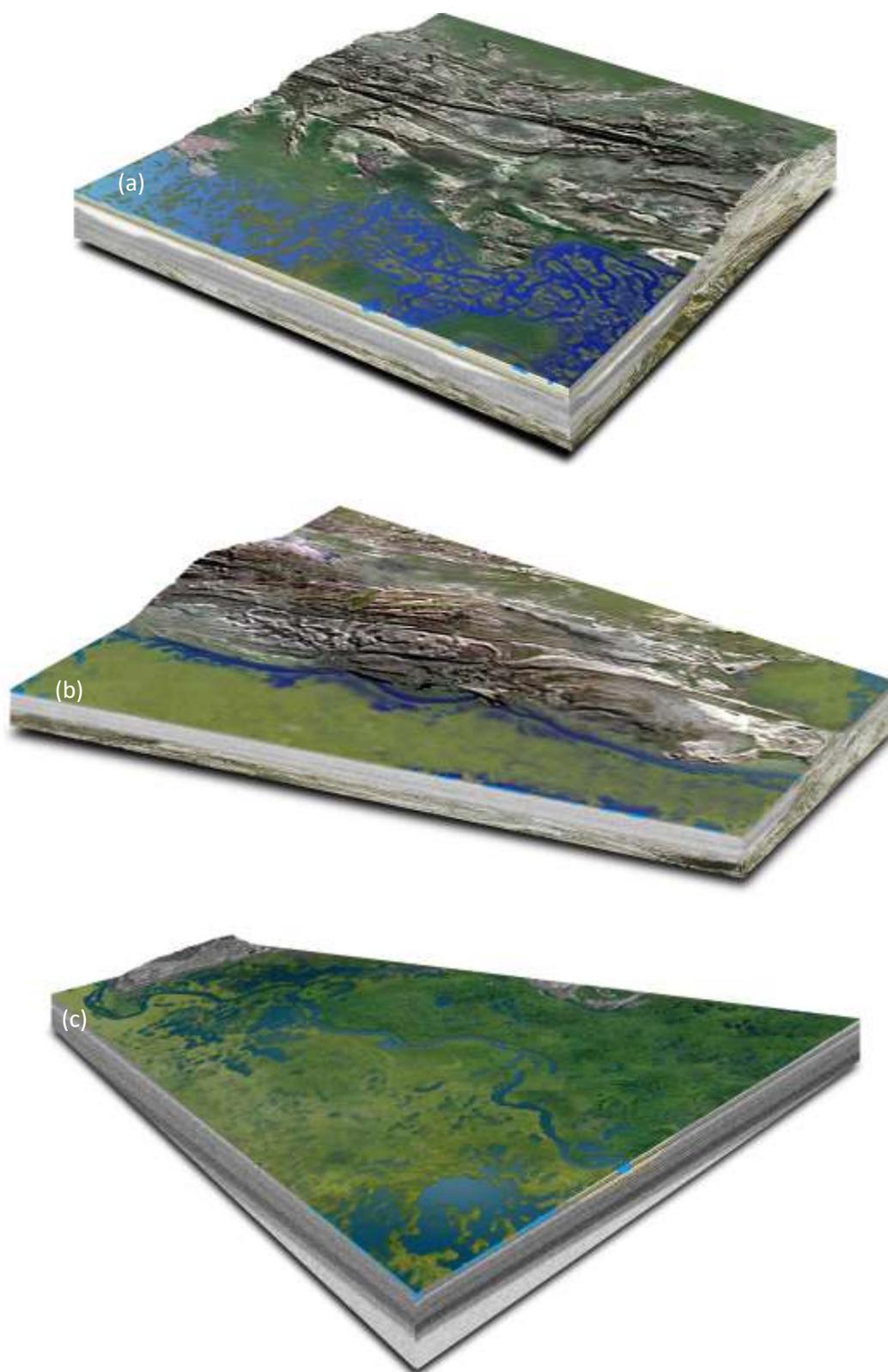


Figura 2 – Blocos diagramas ilustrativos: (a) compartimento I, (b) compartimento II e (c) compartimento III.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Cada um dos três compartimentos do corredor fluvial foi analisado em escala espaço-temporal, considerando-se também situações atuais, quanto aos seguintes aspectos:

- a) elementos ambientais;
- b) navegação e ocupação das margens do corredor fluvial, identificando-se os diferentes tipos de uso, que afetam a dinâmica do canal fluvial e a planície de inundação;
- c) feições morfológicas, que caracterizam a planície de inundação e o canal fluvial;
- d) erosão atual das margens; e
- f) regime de vazão, sedimentos em suspensão e de fundo e morfologia do canal.

## **AMBIENTE DO CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ-MT**

**RESUMO:** O estudo objetivou caracterizar os elementos ambientais do corredor fluvial do rio Paraguai, entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, nos três compartimentos morfológicos identificados. Procurou-se mostrar o regime das águas, os aspectos geológicos, as unidades geomorfológicas, as bacias contribuintes, as classes de solos e os tipos de cobertura vegetal, bem como e a influência destes fatores ambientais na configuração do corredor fluvial e na dinâmica fluvial. O estudo contribui com uma proposta de gestão neste trecho, considerando o aumento de usos múltiplos (urbanização, turismo, pecuária, hotéis fazenda e pousadas, navegação, dentre outros).

Palavras-chave: elementos ambientais, corredor fluvial, rio Paraguai.

**ABSTRACT:** This study aimed at characterizing the environmental elements of the fluvial corridor in Paraguay River, between Cáceres county and the Taiamã Island Ecological Station, in those three identified morphologic compartments. It was tried to show the water regimes, geological aspects, geomorphologic units, contributory basins, soil classes, the types of the vegetative cover in the fluvial corridor, as well as the influence of those environmental factors on either configuration of the fluvial corridor and the fluvial dynamics. It is proposed to contribute for the management in this segment, by considering the increase in the multiple uses (urbanization, tourism, livestock, farm-hotels and lodgings, navigation and others).

Keywords: environmental elements, fluvial corridor, Paraguay river.

### **1. INTRODUÇÃO**

O rio Paraguai constitui um dos rios mais importantes do Brasil, com seus afluentes percorrendo vasta área de planície, podendo ser considerado uma imensa bacia de recepção de águas e sedimentos, devido à sua forma de anfiteatro. O rio principal e seus afluentes percorrem grandes extensões em planícies e pantanais mato-grossenses, contribuindo para a manutenção das características locais do pantanal.

Devido ao seu posicionamento geomorfológico e às características hidrológicas fazem, o Pantanal exerce uma função reguladora do regime hídrico, provocando o retardamento e o escoamento da água. O sistema fluvial e a planície de inundação possibilitam a manutenção da complexidade paisagística e a biodiversidade.

O corredor fluvial, delimitado para estudo, abrange a calha do rio, a planície de inundação que sofre influência do regime de cheias do rio Paraguai, com algumas

feições peculiares representadas pelas feições deprimidas, tais como, baías, braços, lagoas, furados, vazantes, além das feições de acumulação, destacando-se os cordões marginais, os diques marginais e as praias. Parte da área está inserida nos Pantanaís, conhecidos como: Corixo Grande-Jauru-Paraguai e Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho.

Os fatores ambientais como clima, geologia, geomorfologia, vegetação e solo podem refletir as características e o comportamento dos sistemas fluviais, definindo o tipo e distribuição do sistema fluvial, além de contribuir para mudança no regime das águas e na produção de sedimentos nos canais fluviais e planície de inundação. O estudo contribui para a gestão neste trecho, considerando o aumento dos usos múltiplos (urbanização, turismo, pecuária, hotéis-fazenda e pousadas, navegação, dentre outros).

O estudo objetivou mostrar o regime das águas, os aspectos geológicos, as unidades geomorfológicas, as bacias contribuintes, as classes de solos e os tipos de cobertura vegetal, bem como e a influência destes fatores ambientais na configuração do corredor fluvial e na dinâmica fluvial.

O corredor fluvial em estudo localiza-se no alto curso da bacia do rio Paraguai, no segmento fluvial entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT (Figura 1), a noroeste do Pantanal Matogrossense (Pantanal do Corixo Grande-Jauru-Paraguai e Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho). Para facilidade de estudo, o trecho foi subdividido em três compartimentos diferenciados pelo padrão de drenagem. Ainda, a escolha da área está ligada a um conjunto maior, analisando-se: o uso da planície e da calha do rio Paraguai; as mudanças temporais das feições morfológicas da planície e migração lateral do canal; a dinâmica das margens; e as mudanças no fundo do canal.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

A drenagem do trecho em estudo é constituída pelo rio Paraguai e por pequenos cursos de água, sobressaindo-se o rio Jauru como rio de grande porte, afluente da margem direita, sendo um dos principais contribuintes de água e carga sólida.

A variação no padrão do canal, causada, pela litoestrutura regional e morfologia, possibilitou a divisão do trecho entre Cáceres e a Ilha de Taiamã em três compartimentos.

O primeiro compartimento fluvial estende-se da cidade de Cáceres à foz do rio Jauru. O padrão do rio é meandrante, apresentando um processo intenso de erosão na margem côncava e deposição na margem convexa e na planície de inundação. O canal

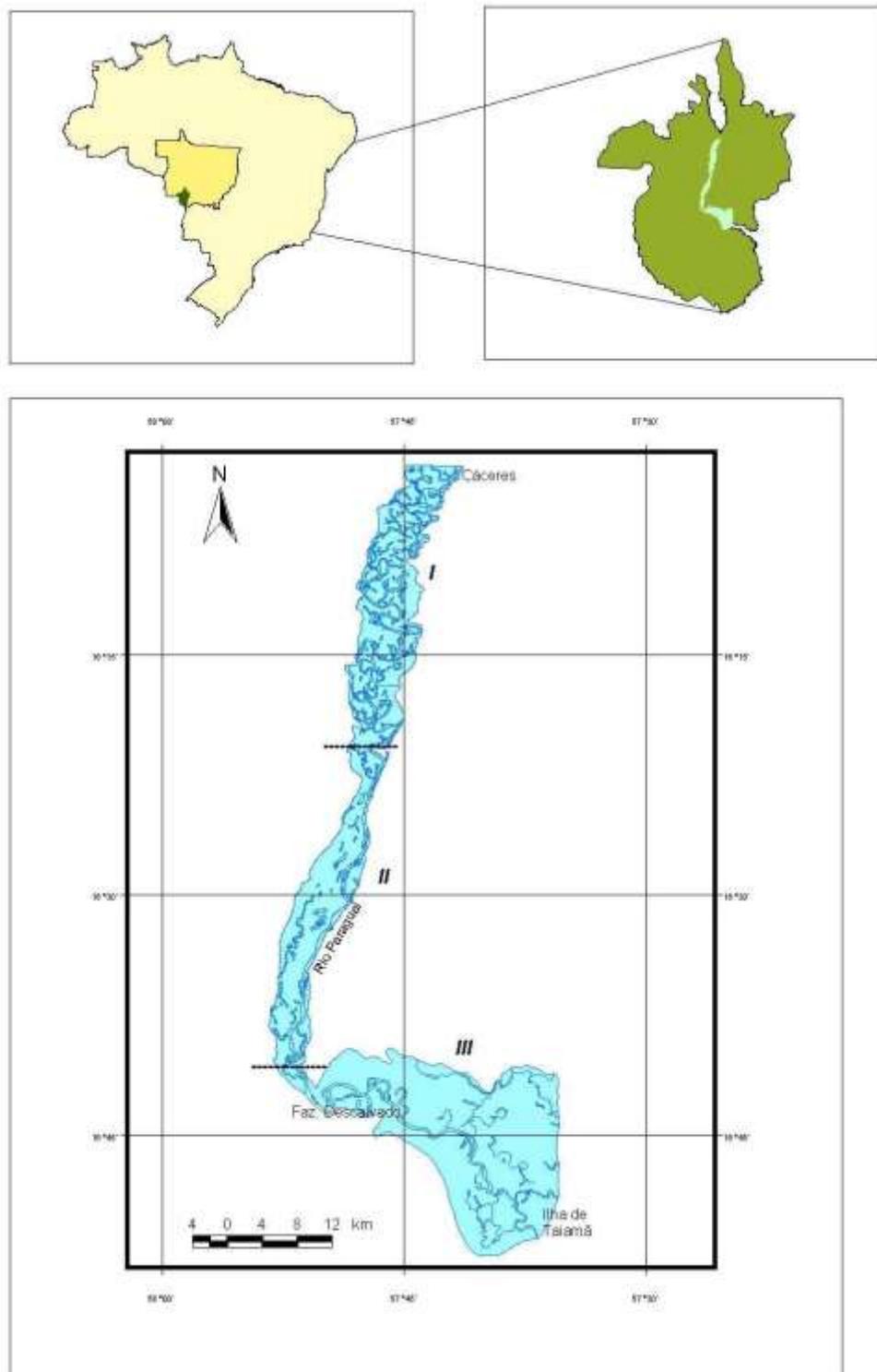


Figura 1 – Corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres.

fluvial possui uma dinâmica intensa, caracterizada pela erosão acelerada, provocando ligação direta de algumas baías e braços com o canal principal, chegando a transferir no fluxo do canal principal para o canal secundário. Devido às freqüentes mudanças nos bancos de sedimentos, alguns braços do rio são transformados em baías, não ligando-se diretamente ao canal principal. Possui planície deprimida com baías e lagoas drenadas, principalmente no período de cheias, por vazantes e braços, que são separados por terraços e diques marginais com vários níveis de acumulação antigos e recentes.

Na margem esquerda deste compartimento, onde situa-se o perímetro urbano de Cáceres, encontram-se os córregos Sangradouro, Garcez e Junco que, além de contribuir com água e sedimentos, lançam detritos e dejetos urbanos no rio Paraguai. A zona rural possui os seguintes afluentes, na margem esquerda: córregos Facão, Grande e Primavera e alguns afluentes temporários; e na margem direita: o córrego Padre Inácio e a 1ª desembocadura do rio Jauru.

O segundo compartimento inicia-se entre a primeira e segunda desembocadura do rio Jauru e termina na fazenda Santo Antonio das Lendas. O canal diminui a sinuosidade, tornando-se retilíneo, com forte controle estrutural na margem esquerda, enquanto na margem direita encontra-se a planície de inundação com presença de baías e lagoas.

No início do segundo compartimento, pela margem direita, o rio Paraguai recebe água e sedimentos do rio Jauru e, pela margem esquerda, o córrego Espinha Comprida. A influência do substrato rochoso da Província Serrana (arenito da Formação Raizama e calcário da Formação Araras), na margem esquerda do rio Paraguai faz com que, neste trecho, ele apresente uma dinâmica mais estável (erosão física).

O terceiro compartimento inicia-se na fazenda Santo Antonio das Lendas e termina na ilha de Taiamã. Neste compartimento, o canal perde o controle estrutural, alterando sua direção norte-sul para oeste-sudeste, tornando-se novamente meandrante e aumentando a planície de inundação.

Neste compartimento, o rio Paraguai atinge os terrenos inundáveis do Pantanal, ocorrendo bifurcação no canal principal, ficando do lado leste um braço de rio, que circunda a ilha de Taiamã. Os córregos, na maioria das vezes, não alcançam o canal principal, enquanto alguns pequenos cursos de água drenam para as áreas sujeitas à inundação, desaguando em baías e lagoas, ou espreado-se na planície, contribuindo para formar a área de Pantanal.

Algumas diferenças regionais como a drenagem, material de origem, altimetria, tipo e permeabilidade do solo e vegetação permitiram diagnosticar 11 pantanais (SILVA

e ABDON (1998) (Figura 2). Existem várias propostas de subdivisões da região, embora toda a área esteja submetida a uma gênese comum, caracterizada pelo processo de acumulação, além da diferente disposição dos sedimentos, conferindo características distintas a cada unidade).

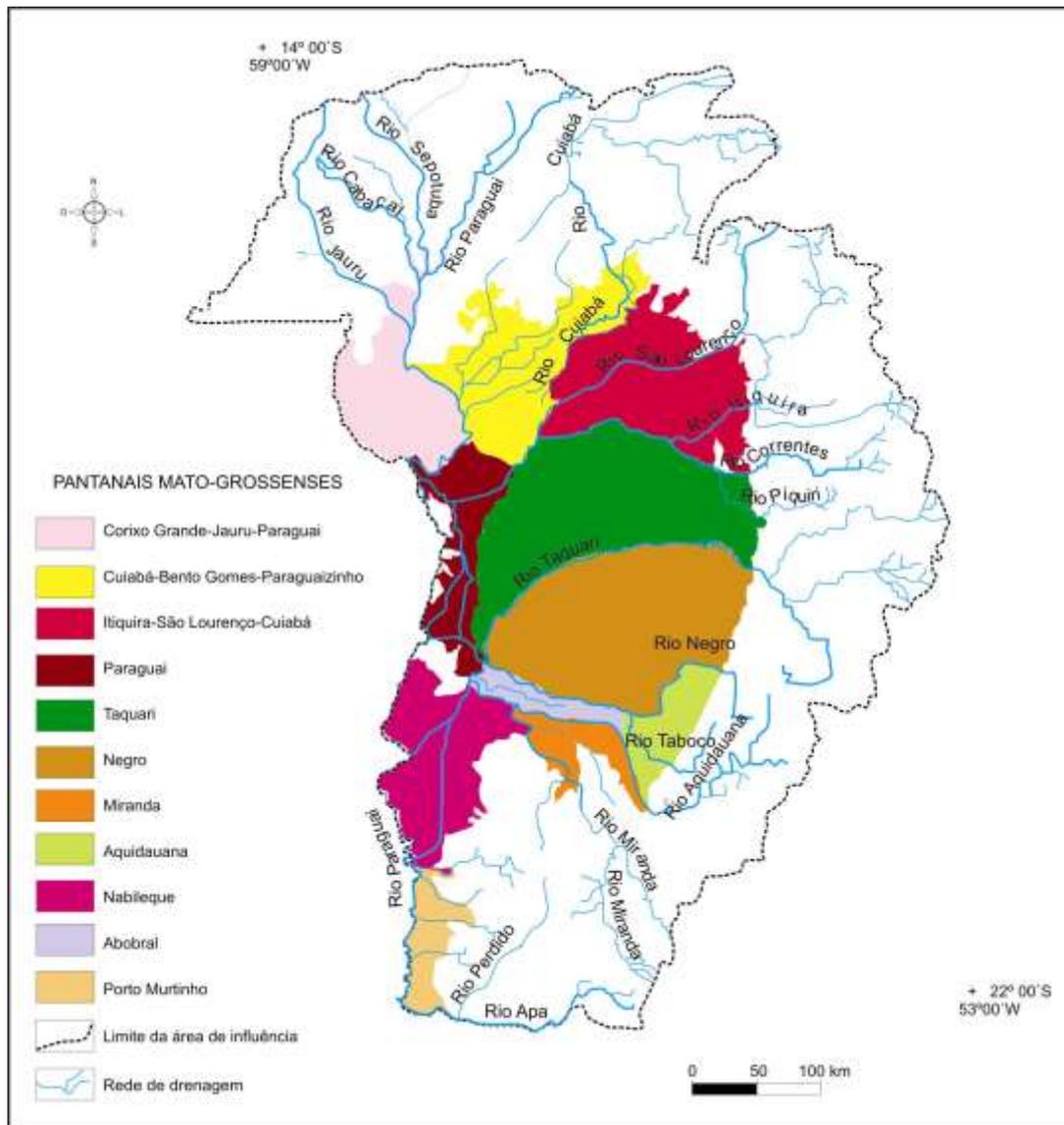


Figura 2 – Divisão dos Pantanaís, com respectivas bacias hidrográficas. Adaptada de SILVA e ABDON (1998). Parte da área de estudo encontra-se nos Pantanaís: Corixo Grande-Jauru-Paraguai e Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho.

Parte da área à direita do rio Paraguai nos três compartimentos morfológicos está inserida no Pantanal Corixo Grande – Jauru – Paraguai, porém o compartimento III, pela margem esquerda do rio Paraguai, encontra-se no Pantanal Cuiabá-Bento-Gomes-Paraguaizinho.

Os Pantanaís Corixo Grande-Jauru-Paraguai e Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho caracterizam-se pela presença de uma fraca inundação, quando comparados com os demais; entretanto, verificam-se tendências maiores de inundações nas proximidades dos canais fluviais.

O Pantanal do Sistema Corixo Grande-Jauru-Paraguai possui formas de acumulação antigas e recentes, que constituem vários níveis de acumulação fluvial, marcados por terraços, diques e meandros colmatados (baías colmatadas).

O Pantanal do Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho é, geomorfologicamente caracterizado por uma superfície de acumulação contida na Depressão do rio Cuiabá, de topografia plana sujeita a inundações, sendo a rede de drenagem comandada pelos rios: Bento Gomes, Paraguaizinho, Cuiabá e alguns afluentes. Frequentemente, destacam-se na paisagem, feições no relevo com denominações tipicamente regionais, como as pequenas elevações denominadas cordilheiras, as baías que são depositárias de águas durante o período chuvoso, com formas circulares ou semicirculares e os escoadouros corixos e vazantes.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para caracterização dos elementos ambientais relacionados ao corredor fluvial do rio Paraguai, dividiu-se o trecho em estudo em três compartimentos morfológicos, conforme descrito anteriormente. Realizou-se a análise dos aspectos ambientais, consultando a literatura disponível, bem como cartas topográficas e mapas temáticos (geologia, geomorfologia, bacias contribuintes, solo, vegetação) e utilizando o Sistema de Informação Geográfica (softwares ArcInfo e ArcView e a mesa digitalizadora) para confecção dos esboços e quantificação das áreas.

Foram, ainda, analisados os dados primários de precipitação (Escola Agrotécnica Federal de Cáceres e da Estação Pluviométrica Cáceres) e o nível de água do rio Paraguai nas Estações Fluviométricas de Cáceres e Descalvado.

### **3.1. Precipitação**

Para analisar o regime de precipitação, sua intensidade e frequência no corredor fluvial, bem como avaliar a distribuição das precipitações médias anuais e mensais, foram utilizados os dados relativos ao período de 1975 a 2000, registrado pela Escola Agrotécnica Federal e pela Estação Pluviométrica de Cáceres.

### **3.2. Nível das águas**

A análise do nível médio anual da água do rio Paraguai (1975-2000) foi realizada, a partir dos dados coletados nas réguas instaladas na Estação Fluviométrica de Cáceres (Capitania dos Portos) e na Estação Fluviométrica do Descalvado (na fazenda Descalvado). Não foram gerados dados de vazão das bacias contribuintes, os índices de vazão do córrego Sangradouro e rio Jauru, foram obtidos de trabalhos anteriores. ANTUNES et al. (2000) que estimam o deflúvio superficial do córrego Sangradouro e nos RELATÓRIOS TÉCNICOS DA BACIA DO ALTO PARAGUAI (1972) e do PCBAP (1997) encontra-se dados sobre a vazão do rio Jauru.

A primeira situa-se em frente à Capitania dos Portos, na cidade Cáceres, à margem esquerda do rio Paraguai, sendo a Marinha responsável pelo registro. A segunda régua encontra-se na fazenda Descalvado, na margem direita do rio, em frente à sede da fazenda Descalvado, sendo responsável pelo registro a Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM).

### **3.3. Levantamento e elaboração de mapas das características ambientais**

No levantamento das características ambientais e confecção dos esboços (geologia, geomorfologia, bacias contribuintes, solos, cobertura vegetal) foram utilizadas: cartas topográficas de Cáceres e Descalvado (escala 1:100.000 – 1975 DSG), imagem de satélite LANDSAT (escala 1:100.000 bandas 3, 4 e 5, ano 2000), mapas temáticos do SEPLAN (escala 1:250.000, ano 2000) e mapas temáticos do RADAMBRASIL (escala 1:1.000.000, ano 1982). A análise minuciosa deste material constituiu a base do estudo, assim como a análise de mapas temáticos para compilação de informações e estabelecimento dos fatos neles representados.

Os esboços geológico, geomorfológico e bacias contribuintes foram elaborados a partir das Cartas Topográficas (Cáceres e Descalvado) na escala de 1:100.000 do DSG, de imagens de satélite LANDSAT (escala 1:100.000, ano 2000), de mapas geológicos e geomorfológicos do Projeto RADAMBRASIL (1982) e trabalhos de campo.

O esboço da cobertura vegetal foi elaborado, a partir das informações obtidas na SEPLAN (2000) - Zoneamento Sócio-econômico-ecológico do estado de Mato Grosso, na escala de 1:100.000, nas Cartas Topográficas (Cáceres e Descalvado) na escala de 1:100.000 do DSG, no projeto RADAMBRASIL (1982) e trabalhos de campo. Para elaborar o esboço de solos, foram usadas informações anteriores e acrescentadas as informações dos levantamentos de solos em escala 1: 1.500.000, realizados por JACOMINE et al. (1995). A nomenclatura das classes de solos segue as recomendações do atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No trecho em estudo, o rio Paraguai possui uma dinâmica própria em termos de escoamento do fluxo, refletindo seu gradiente suave. Parte de seu volume de água é desviado, no período das cheias, para a planície de inundação e armazenado nas lagoas e baías. Pode ser considerado um sistema de desenvolvimento precoce, apresentando uma estabilidade temporária (Quadro 1).

SOUZA et al. (2000), relatam que as irregularidades da calha, ao longo do perfil longitudinal do rio Paraguai, na área de estudo, são influenciadas pelo volume de água, tamanho e peso dos sedimentos transportados, declividade do rio, geologia e constituição da calha, regime das chuvas e atividades humanas.

No corredor fluvial, os compartimentos I e III mostram padrão meandrante, apresentando as margens côncavas e convexas. Nas margens côncavas, o canal é mais profundo, com erosão mais intensa, enquanto, nas margens convexas, os sedimentos são depositados, tornando o leito raso e formando bancos de areias, alternando processos naturais de erosão, transporte e deposição em virtude da variação periódica do nível d'água. Este tipo de canal meandrante possui vários braços (baías) com ligação direta ao canal principal, no período das cheias, proporcionando uma dinâmica específica. No segundo compartimento, o rio apresenta-se retilíneo, influenciado pela litoestrutura regional na margem esquerda.

Quadro 1 – Elementos ambientais nos três compartimentos morfológicos, do corredor fluvial

<b>Compartimentos</b>	<b>Geologia</b>	<b>Geomorfologia</b>	<b>Bacias Contribuintes</b>	<b>Classes de Solos</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>
I	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentos da Formação Pantanal</li> <li>- Arenitos da Formação Raizama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planície Fluvial</li> <li>- Feições Peculiares Positivas e Negativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Córrego Sangra - douro</li> <li>- Córrego Junco</li> <li>- Córrego Sovaco</li> <li>- Córrego Facão</li> <li>- Córrego Retiro</li> <li>- Córrego Padre Inácio</li> <li>- 1ª Desembocadura do rio Jauru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gleissolo Háptico Tb Eutrófico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contato de Floresta Estacional/ Savana</li> <li>- Savana Parque Associada a Áreas Pantanaís</li> <li>- Floresta Aluvial</li> </ul>
II	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentos da Formação Pantanal</li> <li>- Arenitos da Formação Raizama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planície Fluvial</li> <li>- Feições Peculiares Positivas e Negativas</li> <li>- Pantanal Corixo Grande-Jauru-Paraguai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2ª Desembocadura do rio Jauru</li> <li>- Córrego Espinhal Comprido</li> <li>- Córrego Alpercatas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gleissolo Háptico Tb Eutrófico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contato de Floresta Estacional/ Savana</li> <li>- Savana Parque Associada a Áreas Pantanaís</li> <li>- Floresta Aluvial</li> <li>- Savana Arborizada com Floresta Galeria</li> <li>- Formações Justafluviais ou Savana Gramínea</li> <li>- Savana Parque (Savana Florestada)</li> </ul>
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentos da Formação Pantanal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planície Fluvial</li> <li>- Feições Peculiares Positivas e Negativas</li> <li>- Pantanaís: Corixo Grande-Jauru-Paraguai e Cuiabá-Bento-Gomes-Paraguaizinho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corixo Campicho</li> <li>Corixo Osório</li> <li>Corixo Uvar</li> <li>Corixo Ilário</li> <li>Corixo Cambará,</li> <li>Corixo Retiro Mandovi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gleissolo Háptico Tb Eutrófico</li> <li>- Plintossolo Háptico Distrófico</li> <li>- Planossolo Hidromórfico Distrófico</li> <li>- Planossolo Háptico Eutrófico</li> <li>- Vertissolo Hidromórfico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contato Floresta Estacional/Savana</li> <li>- Savana-Parque Associada a Áreas de Pantanaís</li> <li>- Floresta Aluvial e</li> <li>- Savana Arborizada com Floresta Galeria</li> </ul>

A rede de drenagem é representada, sobretudo, pelo rio Paraguai. Segundo o PCBAP (1997), o rio Paraguai desenvolveu seu curso paralelo às estruturas dobradas e elevadas da Província Serrana.

## **4.1. Geologia**

### **4.1.1. Compartimento I**

O corredor fluvial possui sua gênese associada aos eventos de abatimentos estruturais, provavelmente reflexos da orogênese andina. Seu modelado ocorre sobre os sedimentos da Formação Pantanal, do período Quaternário (Quadro 1), com aspectos semiconsolidados e inconsolidados constituídos, basicamente, por sedimentos de textura argilosa e intercalações com textura mais grosseira (arenosos, siltico-argilosos, argilo-arenosos e areno-conglomeráticos).

Registrou-se a ocorrência expressiva de sedimentos da Formação Pantanal (185,67 km<sup>2</sup>), constituído por depósitos do Quaternário-Cenozóico e sedimentos recentes. Observou-se também a presença de afloramento rochoso, ou seja, arenito da Formação Raizama (0,6967 km<sup>2</sup>). Na planície de inundação, os depósitos atuais estão associados aos processos de sedimentação do rio principal (Paraguai) e seus afluentes. São depósitos pouco largos, porém linearmente ressaltáveis, compostos de areias, siltes, argilas e cascalhos. Essas formas de deposição foram definidas por GUIMARÃES e ALMEIDA (1969) como depósitos de canal de barra em pontal e transbordamento (Tabela 1 e Figura 3).

Nos trabalhos realizados por FIGUEIREDO e OLIVATTI (1974) e LUZ et al. (1978), são classificados três níveis para a Formação Pantanal. O primeiro, topograficamente mais elevado, seria constituído por areias inconsolidados, de granulometria fina a média, intercalada por materiais siltico-argilosos. O segundo nível seria formador dos terraços aluviais sub-recentes, constituídos por siltes, argilas e areias finas. O último nível, constituído por uma planície mais rebaixada, teria como formadores os depósitos irregulares siltico-argilosos e grosseiros, depositados recentemente pelo rio Paraguai.

Tabela 1 – Elementos ambientais e sua área de ocorrência nos compartimentos morfológicos

Elementos ambientais	Compartimento I		Compartimento II		Compartimento III	
	Área	Proporção	Área	Proporção	Área	Proporção
	km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Geologia:						
- Formação Pantanal	185,67	99,63	142,38	98,67	357,45	100
- Formação Raizama	0,69	0,37	1,92	1,33	-	-
Geomorfologia:						
- Planície fluvial	186,36	100	135,52	93,87	356,15	99,73
- Depressão do Alto Paraguai	-	-	8,85	6,13	1,30	0,36
Solos:						
Gleissolo Háptico Tb Eutrófico	186,36	100	144,30	100	92,27	25,81
Plintossolo Háptico Distrófico	-	-	-	-	5,88	1,64
Planossolo Hidromórfico Distrófico	-	-	-	-	158,08	44,22
Planossolo Háptico Eutrófico	-	-	-	-	36,25	10,14
Vertissolo Hidromórfico	-	-	-	-	64,97	18,17
Vegetação:						
- Contato Floresta Estacional/Savana	58,20	31,23	21,79	15,10	139,28	38,96
- Savana-Parque Associada a Áreas Pantanaís	3,89	2,09	0,99	0,69	135,89	38,02
- Formações Justafluviais	-	-	1,43	0,99	-	-
- Savana Florestada	-	-	2,83	1,96	33,49	9,37
- Floresta Aluvial	124,37	66,74	59,13	40,98	-	-
- Savana Arborizada com Floresta Galeria	-	-	58,13	40,28	48,79	13,65

A espessura da Formação Pantanal é variável. Baseado nas várias perfurações realizadas pela PETROBRÁS, WEYLER (1962) estima que a espessura da Formação Pantanal varia entre 40 e 3.000 m, recobrando discordantemente as rochas do Grupo Alto Paraguai. Segundo esta estimativa, a profundidade do embasamento no corredor fluvial varia de 0 a 100 m.

A distância do alinhamento estrutural (direção Norte para Sul) da Província Serrana, em relação à calha do Paraguai, na margem esquerda, propiciou o desenvolvimento de uma vasta planície fluvial, que atinge 186,36 km<sup>2</sup> (Tabela 1).

Os sedimentos da Formação Pantanal são erodidos com facilidade, sendo que, no período de cheias, são removidos e acumulados em outros segmentos da planície e do canal, contribuindo para mudanças do sistema fluvial neste compartimento.

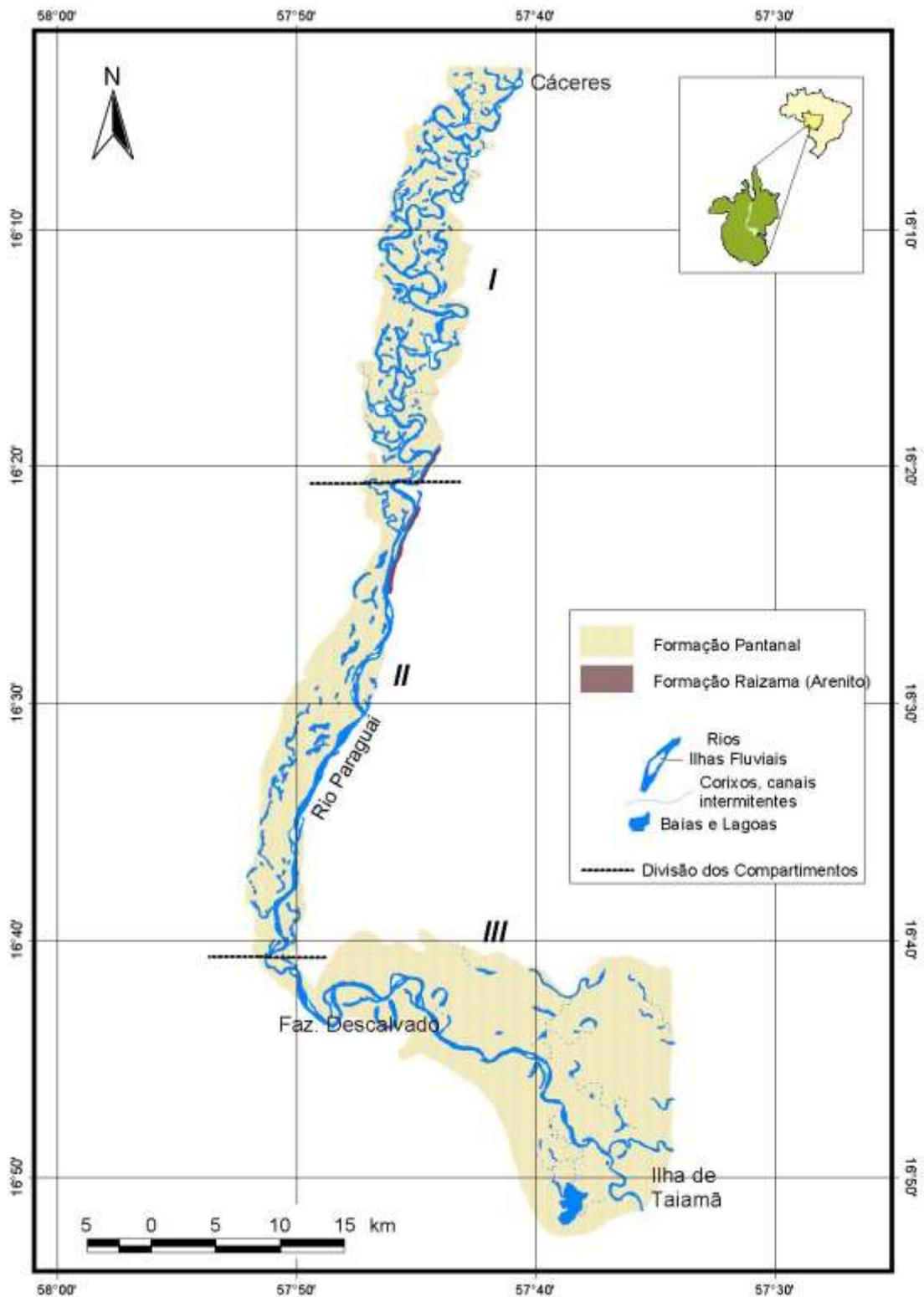


Figura 3 – Esboço dos aspectos geológicos, do corredor fluvial do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado) na escala 1:100.000 (1975) e mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982).

#### **4.1.2. Compartimento II**

Registrou-se a ocorrência expressiva de sedimentos da Formação Pantanal (142,38 km<sup>2</sup>) e arenito da Formação Raizama (1,92 km<sup>2</sup>). A margem esquerda é constituída, em sua maioria, por pacotes rochosos do Paleozóico/Cambriano (arenitos resistentes) e conglomerados (Pedra Canga) e a margem direita por depósitos do Quaternário/Cenozóico e sedimentos recentes da Formação Pantanal.

Neste compartimento, as serras à margem esquerda do canal são responsáveis por forte controle estrutural no canal, tornando-o retilíneo, podendo ser observado afloramento rochoso de arenito em alguns trechos do leito. Na margem direita, onde o controle estrutural não é expressivo, existe uma faixa de planície fluvial.

#### **4.1.3. Compartimento III**

O compartimento III é constituído pela Formação Pantanal (357,45 km<sup>2</sup>), pelos Depósitos Detríticos e Aluviais, apresentando sedimentos-arenosos, siltico-argilosos, argiloso-arenosos e areno-conglomerados semiconsolidados e inconsolidados. O término do controle estrutural da Província Serrana, no sentido Norte-Sul, contribui para que o canal mude seu sentido para Oeste-Sudeste (SOUZA et. al., 2002).

### **4.2. Precipitação**

A análise da precipitação é importante para a compreensão sobre o comportamento hidrológico das redes de drenagem. Como elemento constituinte de uma bacia hidrográfica, podem ser destacadas algumas características, que afetam o sistema fluvial, tais como a quantidade de precipitações (volume), os regimes sazonais ou diários dessas precipitações, ou seja, sua distribuição temporal, e a intensidade das chuvas individuais (volume e duração).

O clima do Pantanal Mato-Grossense é do tipo faixa de transição, ou seja, apresenta caracteres transicionais entre domínios ou mesmo apresenta características peculiares (AB'SABER, 1970). NIMER (1989) comenta que a região do Pantanal Mato-Grossense é a menos chuvosa, no estado de Mato Grosso, com precipitação total anual em torno de 1.100 mm. Tal distribuição deve-se ao sistema de circulação perturbada do Oeste, que é influenciado pela baixa altitude em relação ao planalto circundante.

A distribuição da precipitação apresenta dois períodos bem definidos, isto é, época de chuvas intensas (outubro a abril) e período de estiagem (maio a setembro). As diferenças acentuadas entre os dois períodos contribuem para o aumento no nível de água do rio Paraguai, provocando seu transbordamento para a planície, além de acelerar a erosão nas margens, o transporte e deposição de sedimentos no canal e nas margens (Figura 4).

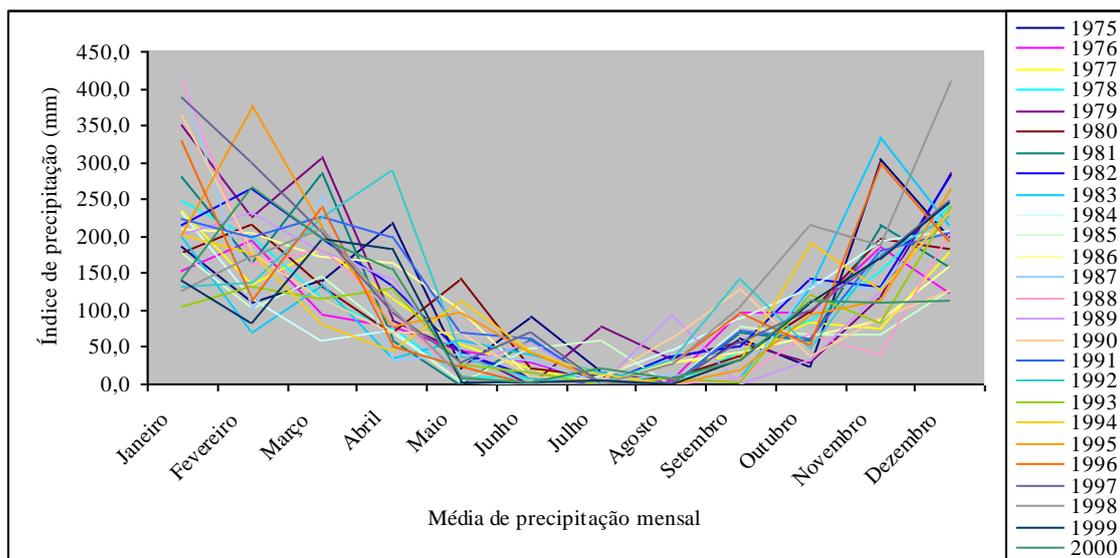


Figura 4 – Valores de precipitações médias mensais no período de 25 anos (1975 a 2000), no Corredor Fluvial. Fonte: Escola Agrotécnica Federal de Cáceres/ Estação Pluviométrica de Cáceres – ANA (Agência Nacional de Águas).

A precipitação é um dos fatores mais importantes na dinâmica do corredor fluvial. No compartimento I e na margem direita do rio no compartimento II, o aumento do índice de precipitação favorece a elevação do nível do rio, transbordando água e sedimentos para a planície de inundação, enquanto, no compartimento III, a precipitação favorece o alagamento e manutenção da planície, periodicamente ou permanentemente alagada, além de contribuir para o abastecimento de lagoas e baías distantes da calha do rio.

As precipitações diárias no corredor fluvial estão sujeitas a flutuações, no decorrer de um mês. Nos meses de janeiro e dezembro, por exemplo, as máximas diárias de precipitação, em alguns dias, ultrapassaram 50 mm, situação esta típica de região que possui regime de precipitações tropicais, provocando cheias notáveis, principalmente quando os valores de precipitação são muito elevados, pois, além de

alterar a dinâmica fluvial da bacia, essas cheias aumentam o volume da água e parte desse fluxo transborda para a planície.

O regime das águas constitui um importante fator para manutenção das planícies, permanentes ou temporariamente inundadas, que mantêm a dinâmica de erosão e deposição de sedimentos.

### **4.3. Nível das águas**

O rio Paraguai possui uma dinâmica própria quanto ao escoamento do fluxo, reflexo do gradiente suave, com declividade de 6 cm/km. As planícies de inundação armazenam água em período de cheias anuais, além de abastecer baías e lagoas, sendo que os braços dos rios também desviam parte do volume de água. A análise das alturas das réguas nas Estações Fluviométricas de Cáceres (compartimento I) e Descalvado (compartimento II) mostrou modificações na distribuição mensal dos picos de cheias e no índice das alturas das médias anuais, para o período de 1975 a 2000 (Figuras 5 e 6).

Os registros para o período entre 1975 a 2000 das duas réguas mostraram que os picos de cheia, nas duas estações fluviométricas, acontecem entre os meses de dezembro e abril, começando a diminuir, gradativamente, o nível da água a partir do mês de maio. Em alguns anos, entretanto, esta diminuição acontece no mês de junho e o nível das águas começa a subir, novamente, no mês de novembro (Figuras 5 e 6).

A alternância no nível da água, no período de cheia e estiagem altera a configuração do canal. O nível da água eleva-se no canal principal, durante o período das cheias, provocando a remoção e remobilização de sedimentos, sendo que partes da água e dos sedimentos transportados vão para os canais secundários, baías e lagoas, ou transborda para as planícies marginais. O nível da água diminui, progressivamente, no período estiagem reduzindo-se também a capacidade de transporte, ocorrendo deposição de sedimentos em leito, em canais secundários, baías, lagoas e planície.

Comparando as duas estações fluviométricas, verifica-se que a estação de Cáceres tem uma amplitude menor de valores de nível médio das águas sendo que, no período de estiagem, varia entre as cotas de 1,38 a 4,35m, enquanto no período de cheia varia entre as cotas de 1,98 a 5,38m. No mesmo período, na estação de Descalvado os valores do nível médio das águas na estiagem variam entre as cotas 3,07 a 5,17m, enquanto no período de cheia as cotas varia entre 3,47 a 5,33 m. Os maiores valores do

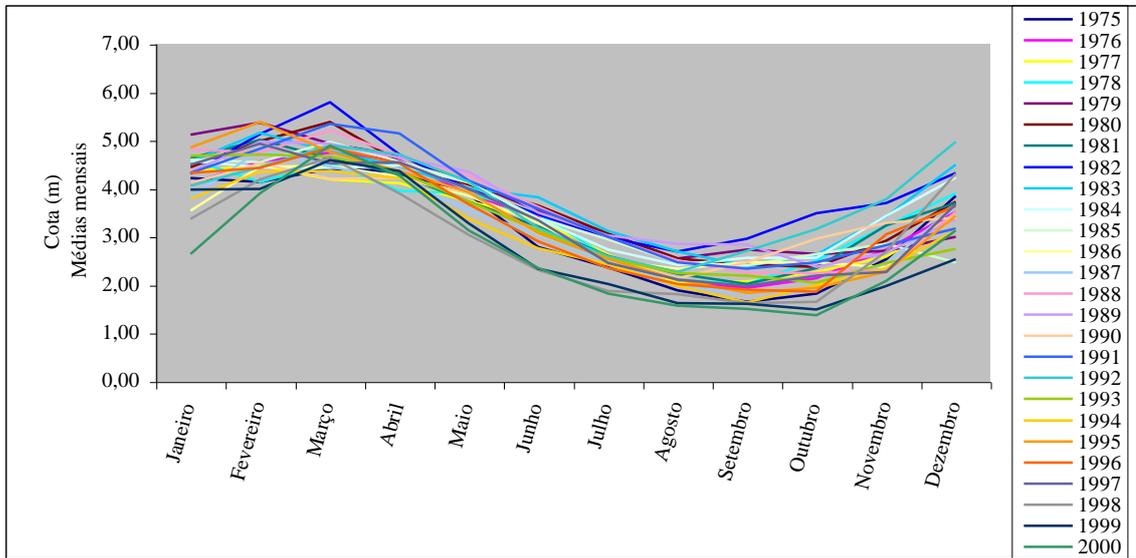


Figura 5 – Variações no nível das águas do rio Paraguai. Estação de Fluviométrica de Cáceres (1975-1999). Fonte: ANA – Agencia Nacional de Águas.

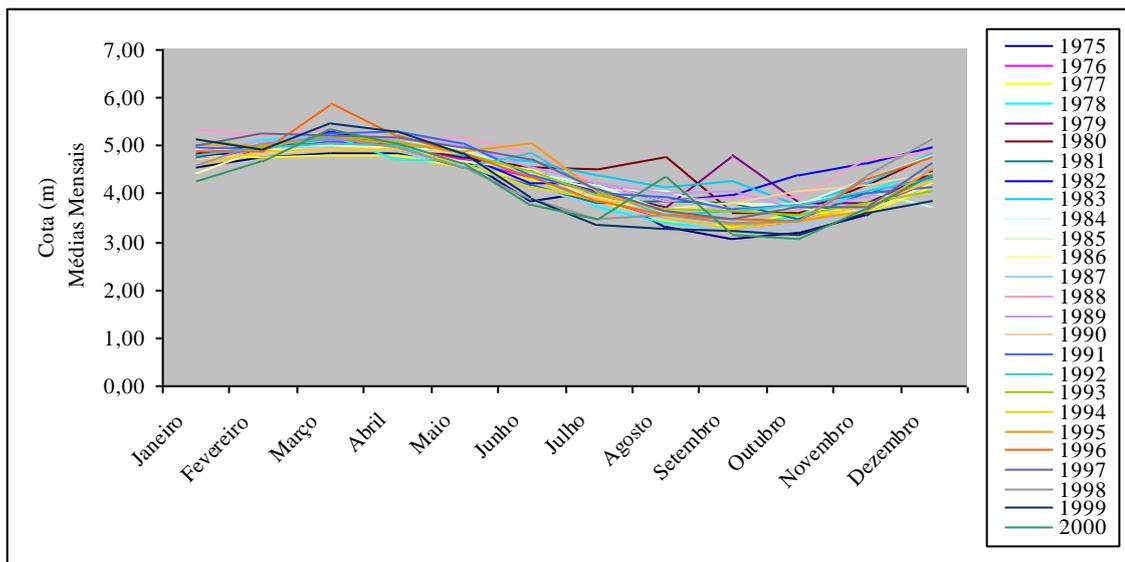


Figura 6 – Variação no nível das águas do rio Paraguai. Estação Fluviométrica de Descalvado (1975-1999). Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas.

nível da água registrados na estação de Descalvado podem ser atribuídos ao aumento no volume de água e carga de sedimentos ao desagüarem os afluentes (Sangradouro, Junco, Sovaco, Facão, Retiro, Jacobina, Padre Inácio, Jauru, Espinhal Comprido e Alpercatas), principalmente, o rio Jauru.

#### **4.4. Geomorfologia**

##### **4.4.1 Compartimento I**

A planície fluvial do compartimento I (186,36 km<sup>2</sup>) apresenta uma variedade de formas geomorfológicas, quais podem ser denominadas formas positivas e negativas do terreno. As formas negativas são representadas por pequenas lagoas, baías (meandros abandonados), ou por antigos leitos de rios, braços e furados. Quanto às formas positivas do terreno, destacam-se os depósitos de barra em pontal, diques marginais e ilhas fluviais, que são registros da dinâmica atual dos rios. No período das cheias, ocorre a conexão entre lagoas, enquanto no período de estiagem as lagoas e as baías são independentes.

As feições peculiares registradas neste compartimento do corredor fluviais possuem uma terminologia tipicamente regional, ou seja, baías, braços e furados (Figura 7).

As baías constituem áreas deprimidas, contendo água, delineando formas circulares, semicirculares ou irregulares, com dimensões que variam de dezenas a centenas de metros. Os braços correspondem a pequenos cursos, geralmente perenes. Os furados podem ser definidos como pequenos canais, originados pelo rompimento do colo do meandro, podendo evoluir para canal principal.

A baixa declividade topográfica do corredor fluvial, mantendo apenas pequenos desníveis entre o canal principal e seu entorno, torna propícia a inundação nas planícies. No canal, o baixo gradiente influencia o escoamento das águas, em razão da reduzida capacidade de escoamento.

##### **4.4.2. Compartimento II**

O compartimento II localiza-se em duas unidades geomorfológicas: a planície fluvial (135,52 km<sup>2</sup>) e a depressão do rio Paraguai (8,85 km<sup>2</sup>).

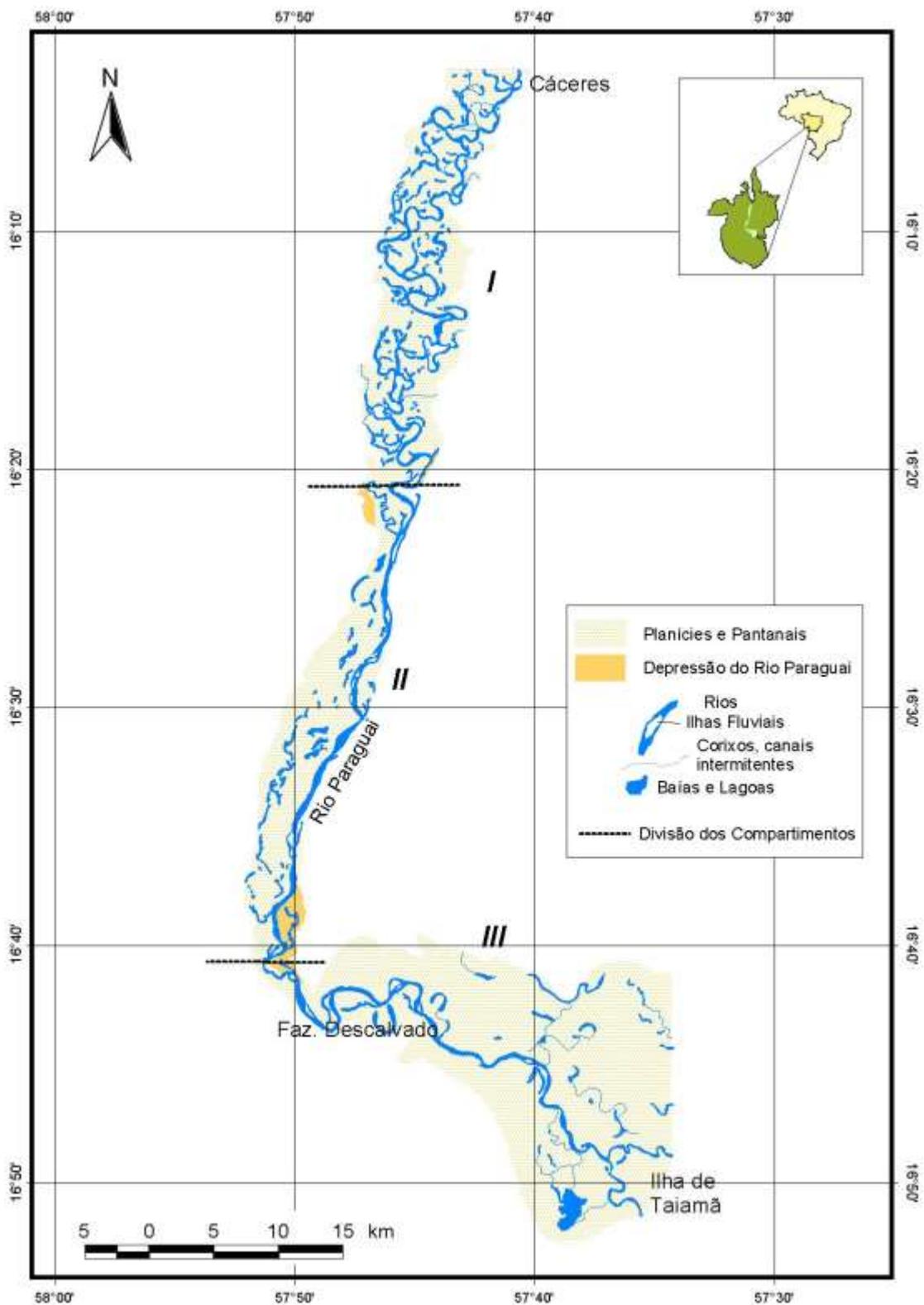


Figura 7 – Esboço das Unidades Geomorfológica do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1: 100.000 (1975) e mapa geológico do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982).

Neste compartimento, destacam-se, como feições morfológicas, os diques marginais e os cordões arenosos originados da deposição de sedimentos grosseiros (areias), nas laterais do leito. São formados principalmente no período de estiagem, quando o rio diminui sua vazão e a capacidade para transportar sedimentos. Na margem direita, observa-se a presença de baías e lagoas.

A Depressão do Alto Paraguai apresenta pequeno caimento topográfico de norte para sul e rampeamento na seção oeste, enquanto a altimetria oscila entre 120 e 300 m. Segundo o RADAMBRASIL (1982), a Depressão do Alto Paraguai corta litologias do pré-cambriano, que se encontram parcialmente encobertas por sedimentos quaternários da Formação Pantanal.

Para BRASIL e ALVARENGA (1989) e DEL'ARCO e BECERRA (1989), a Depressão do Alto Paraguai sofreu diversos processos de erosão, que atuaram em litologias variadas estendendo-se desde o Pré-Cambriano ao Carbonífero, as quais são representadas pelo Complexo Xingu e Rio Apa, Grupos Alto Paraguai, Grupo Cuiabá e Grupo Corumbá, Grupo Amoguijá e Formação Aquidauana.

No compartimento II, a Depressão do Alto Paraguai abrange uma pequena área, (8,85 km<sup>2</sup>) e corresponde a um segmento que não sofre inundação.

#### **4.4.3. Compartimento III**

O compartimento III possui dois ambientes morfológicos. O primeiro corresponde à planície (356,15 km<sup>2</sup>) sujeita a inundação periódica, contendo uma faixa de planície fluvial, em ambas as margens, o Pantanal Corixo Grande-Jauru-Paraguai pela margem direita do rio Paraguai e o Pantanal Cuiabá-Bento Gomes-Paraguazinho pela margem esquerda do rio Paraguai. O segundo ambiente corresponde à Depressão do Alto Paraguai, abrange uma pequena área, (1,30 km<sup>2</sup>) e corresponde a um segmento que não sofre inundação (Figura 8).

As características semelhantes da planície (356,15 km<sup>2</sup>) sujeitam a inundação periódica, principalmente, devido à declividade dos terrenos inferiores a 1%/5 km, (SEPLAN, 2000), não permitem definir o limite preciso entre o pantanal e a planície fluvial. Várias feições peculiares como baías, lagoas e vazantes, encontram-se distantes do canal fluvial, não tendo ligação direta com a dinâmica do rio. Este fato sugere que essas feições pertencem aos pantanais.

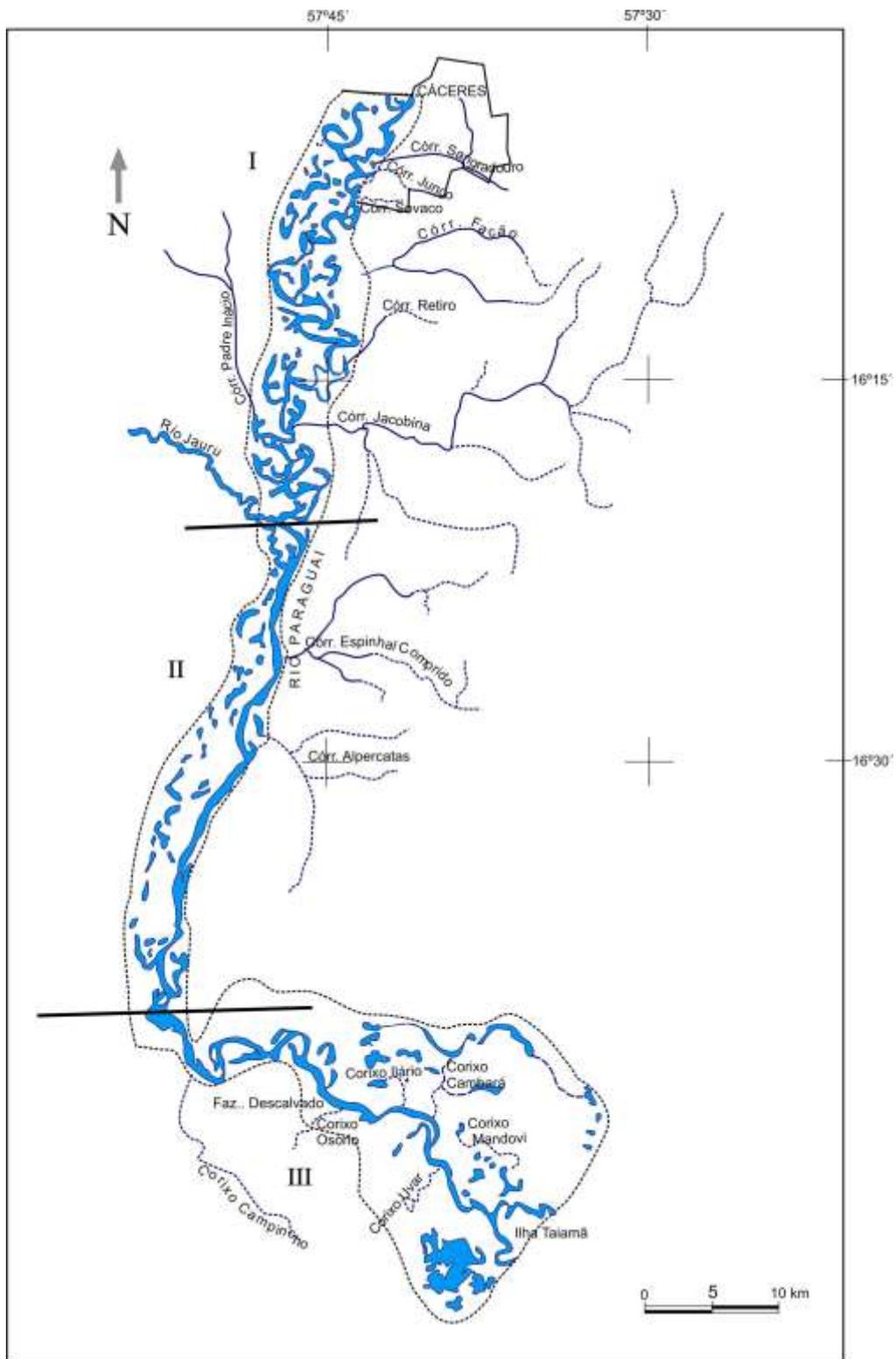


Figura 8 – Esboço das bacias contribuintes do corredor fluvial, do rio Paraguarí entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taimã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1: 100.000 (1975) e Imagem de Satélite na escala de 1:100.000.

## 4.5. Bacias contribuintes

O rio Paraguai recebe fluxo e carga de sedimentos de alguns afluentes, que nascem em diferentes ambientes geológicos e pedológicos, locais de índices pluviométricos variados. Esses canais fluviais são quase todos de pequeno porte, sendo alguns intermitentes (Figura 8 e Tabela 2).

### 4.5.1. Compartimento I

Este compartimento possui oito afluentes do rio Paraguai, dos quais seis deságuam na margem esquerda, (córregos Sangradouro, Junco, Sovaco, Facão, Retiro e Jacobina) e dois deságuam na margem direita (córrego Padre Inácio e 1<sup>a</sup> foz do rio Jauru). Somente o córrego Jacobina e o rio Jauru possuem suas desembocaduras na calha do rio Paraguai, pois, os demais afluentes deságuam em braços e baías ou espalham-se na planície fluvial. O maior contribuinte é o rio Jauru com vazão de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  que banha uma área de cerca de  $15.844,00 \text{ km}^2$ .

A reduzida declividade no baixo curso de alguns afluentes proporciona propagação contracorrente até alguns quilômetros para montante dos afluentes. Dessa forma, a inundação, no baixo curso desses tributários, está relacionada à descarga de montante, bem como ao volume de água do rio Paraguai.

O córrego Sangradouro (13 km de extensão) nasce na serra do Lobo e percorre o perímetro urbano de Cáceres, passando pelos bairros São José, Jardim Celeste, Cidade Alta, Cavalhada e centro, desaguando na margem esquerda do rio Paraguai, na baía dos Malheiros, totalizando uma bacia hidrográfica com área aproximada de  $29,25 \text{ km}^2$ . A vazão máxima prevista para um período de dez anos, na foz do córrego Sangradouro, é de  $51,59 \text{ m}^3/\text{s}$ .

O médio e baixo curso do córrego Sangradouro sofrem impacto direto resultante da urbanização da cidade de Cáceres, destacando-se as obras de canalização, criação de superfícies impermeáveis (no baixo curso), lançamento de detritos e dejetos na calha, que alteram os aspectos morfológico e hidrológico do canal, além dos impactos indiretos relacionados ao uso do solo, que podem contribuir para o aumento da carga de sedimentos no canal e para o rio Paraguai.

Tabela 2 – Bacias contribuintes, do rio Paraguai no corredor fluvial

Afluentes	Compartimento	Extensão (km)	Área (km <sup>2</sup> )	Margem	Local onde Deságua
Córrego Sangradouro	I	13	29,25	Esquerda	Vazante (braço)
Córrego Junco	I	9	14,00	Esquerda	Baía
Córrego Sovaco	I	4	4,00	Esquerda	Vazante
Córrego Facão	I	20	420,00	Esquerda	Planície
Córrego Retiro	I	8,5	23,00	Esquerda	Vazante (braço)
Córrego Jacobina	I	48	470,00	Esquerda	Rio Paraguai
Córrego Padre Inácio	I	79	-	Direita	Vazante (braço)
1 <sup>a</sup> foz do rio Jauru	I	135	15.844,00	Direita	Rio Paraguai
2 <sup>a</sup> foz do rio Jauru	II	-	15.844,00	Direita	Rio Paraguai
Córrego Espinhal Com-prido	II	20	156,00	Esquerda	Rio Paraguai
Córrego Alpercatas	II	21	104,00	Esquerda	Braço
Corixo Campicho	III	1,5	24,00	Direita	Rio Paraguai
Corixo Osório	III	6,2	6,00	Direita	Rio Paraguai
Corixo Uvar	III	2,7	9,00	Direita	Rio Paraguai
Corixo Ilário	III	5,5	4,00	Esquerda	Rio Paraguai
Corixo Cambará	III	6,5	13,00	Esquerda	Rio Paraguai
Corixo Retiro Mandovi	III	2,5	12,00	Esquerda	Rio Paraguai

O córrego Junco encontra-se no perímetro urbano de Cáceres. A área da bacia é de aproximadamente 14 km<sup>2</sup>, com desnível de 40 m entre a nascente e a foz, na baía do Poção. Nas margens, a mata ciliar foi quase completamente removida, contribuindo, assim, para a remobilização de sedimentos das margens e do canal durante o período chuvoso.

A bacia hidrográfica é afetada pela urbanização, pois, a população usa o canal para lançamento de lixo e, também, como coletor de esgoto. Os materiais lançados no córrego são entulhados no canal, ou transportados para a baía da Poção, podendo atingir o rio Paraguai na época das cheias, quando a baía possui uma ligação direta com o rio.

O córrego Facão nasce na cota altimétrica de 627 m e deságua na planície na cota de 112 m, proporcionando um desnível de 515 m, apresentando, em seu percurso, corredeiras, cachoeiras e vários níveis de bases locais. Pertence a uma bacia hidrográfica de 420 km<sup>2</sup>. Como afluente principal, possui o córrego Sapezal, que deságua em sua margem esquerda, no baixo curso. Estes dois cursos e seus afluentes nascem nas áreas mais elevadas da Província Serrana (serra Ponta do Morro, serra do Quilombo e serra do Facão) e drenam vasta área nos vales anticlinais e sinclinais,

desaguando na planície de inundação do rio Paraguai, contribuindo, assim, com água e sedimentos, para a manutenção da planície submersa mesmo durante o período de estiagem.

O córrego do Sovaco, cuja área da bacia hidrográfica abrange  $4 \text{ km}^2$ , percorre área de depressão e deságua em braço na margem esquerda do rio Paraguai. A contribuição, em termos de água e sedimentos para o rio Paraguai, é mínima, considerando-se suas próprias características, área e volume do fluxo, somente no período chuvoso.

O córrego Retiro (bacia hidrográfica de  $23 \text{ km}^2$ ) nasce nas bordas da Serra da Colônia, a 160 m de altitude e deságua na vazante da Guarda, à margem esquerda do rio Paraguai. Sendo córrego intermitente, sua maior contribuição em água e sedimentos ocorre, durante o período chuvoso.

O córrego Jacobina é o principal afluente à margem esquerda do rio Paraguai no compartimento I, com área total da bacia hidrográfica de  $470 \text{ km}^2$ . Seus afluentes principais são o ribeirão da Jacobina e córrego Laje, córregos Grande, Salto, Várzea, que percorrem transversalmente ou subsequente à estrutura. O ponto mais alto da bacia (552 m) encontra-se na nascente do córrego Laje. O córrego Jacobina, ao passar por afloramentos de rochas calcárias e areníticas, forma cachoeiras e corredeiras, ocorrendo, nestes pontos, níveis de base, ou seja, alguns locais de deposição de sedimentos. Deságua no rio Paraguai à altitude aproximada de 110 m. Próximo à sua confluência, o córrego Jacobina percorre 2,5 km na planície de inundação, sendo que no período das cheias, o fluxo da água e carga sólida transportada são depositados na planície de inundação, não alcançando o rio Paraguai.

O córrego Padre Inácio nasce na serra do mesmo nome e deságua em um braço da margem direita do rio Paraguai. Percorrendo a depressão do Paraguai, diferenciam-se dos demais córregos analisados, em virtude de sua vasta planície de inundação, parte da carga de sedimentos deposita-se em sua própria planície de inundação, diminuindo, assim, sua contribuição de sedimentos para o rio Paraguai.

A bacia hidrográfica do rio Jauru ( $15.844,40 \text{ km}^2$ ) é formada pelo rio Jauru e seus afluentes, cujos formadores nascem na Chapada dos Parecis (norte) e Serra Santa Bárbara (oeste) e percorrendo áreas de diferentes compartimentos litológicos e topográficos. As altitudes do relevo variam entre 116 e 700 m e o rio principal deságua

na margem direita do rio Paraguai. Contribui com uma vazão de 100 m<sup>3</sup>/s para o rio Paraguai.

O rio Juru apresenta um curso meândrico formado por margens côncavas e convexas. A variação no padrão do canal e as mudanças na direção, possivelmente, sejam causadas pela geomorfologia e litoestrutura regional. No alto curso da bacia, o rio Juru apresenta padrão retilíneo e, ao receber seu primeiro afluente, inicia-se uma pequena sinuosidade.

No médio curso, em sua margem direita, o rio Juru recebe água e sedimentos dos rios Brigadeiro, Bagres e Aguapeí e, na margem esquerda, dos rios das Pitas e Caeté. O rio Aguapeí possui suas nascentes no Planalto do Guaporé; percorre uma área plana de depressão, passando, novamente, por relevo movimentado em uma linha de falha da serra Santa Bárbara, voltando a percorrer uma área plana até desaguar no rio Juru.

No baixo curso, o meandramento é bastante expressivo, em torno de 2.1, surgindo, também, uma vasta planície de inundação, ou seja, o Pantanal Corixo Grande-Juru-Paraguai. Neste trecho, o rio perde competência de transporte e aumenta a quantidade de sedimentos depositados nas margens e na planície de inundação. O rio atinge os terrenos inundáveis do Pantanal, formando uma espécie de leque, alguns pequenos cursos de água drenam as áreas sujeitas à inundação, desaguando em baías e lagoas, ou espalhando-se na planície. Possui planície deprimida com baías, lagoas e meandros abandonados, a qual é drenada, principalmente no período de cheias, por corixos, vazantes e braços, que são separados por terraços e diques marginais com vários níveis de acumulação antigos e recentes.

Em seu baixo curso, próximo à confluência com rio Paraguai, o rio Juru apresenta uma bifurcação, dando origem a duas desembocaduras. A primeira encontra-se no compartimento I e a segunda no compartimento II.

#### **4.5.2. Compartimento II**

Os afluentes do rio Paraguai, no compartimento II, são: na margem esquerda, o córrego Espinhal Comprido e córrego Alpercatas; na margem direita, a 2<sup>a</sup> desembocadura do rio Juru, sendo este o maior afluente, no trecho estudado, contribuindo, também com maior volume de fluxo.

O córrego Espinhal Comprido e seus afluentes encontram-se numa área de 156 km<sup>2</sup>. Nasce no relevo movimentado da Província Serrana, na cota altimétrica de 400 m, percorre áreas de vales e deságua na margem esquerda do rio Paraguai a 120 m de altitude, com desnível de 380 m. Pode ser considerado o maior afluente da margem esquerda do rio Paraguai, neste compartimento.

O córrego Alpercatas (bacia hidrográfica com área de 104 km<sup>2</sup>) possui suas nascentes na Província Serrana (serra Água Branca e serra Marimbondo), em cota de 280 m altitude, desaguando em braço do rio Paraguai, numa altimetria de 109 m. A maior contribuição de sedimentos acontece no período chuvoso, formando barra submersa próximo à confluência.

#### **4.5.3. Compartimento III**

O rio Paraguai neste trecho recebe água e sedimentos de pequenos cursos de água que são, em sua maioria, intermitentes (Tabela 2). Os afluentes da margem esquerda nascem nas serras da Província Serrana, percorrem os vales e deságuam no rio Paraguai, ou espalham-se na planície.

Os corixos são canais naturais, com escoamento temporário, pouco profundo e relativamente estreito. Durante os períodos de enchente e vazante transportam sedimentos e funcionam também como corredores de migração para diversas espécies de peixes.

Os afluentes da margem esquerda são, em sua maioria corixos, drenam pequenas extensões, que servem de conexão entre as lagoas, ou as baías, e o rio Paraguai.

O corixo Campicho possui extensão de 1,5 km, nasce na cota de 128m, drena uma área de planície e deságua na margem direita no rio Paraguai. O corixo Osório, com extensão de 6,2 km, nasce na borda da serra Boiada, na cota altimétrica de 120 m, deságuando à margem direita no rio Paraguai. O corixo Uvar possui extensão de 2,7 km, serve de ligação entre a baía Uvar e o rio Paraguai, na margem direita, percorre planície onde encontram-se pequenas lagoas.

Os corixos que deságuam na margem esquerda do rio Paraguai são os seguintes: corixo Ilário com extensão de 5,5km, serve de ligação entre a baía Ilário e o rio Paraguai e encontra-se na área de planície, em cota inferior a 120 m. O corixo Cambará, com extensão de 6,5 km serve de conexão entre as baías Larga e Naira e o rio Paraguai,

percorrendo área de planície e, finalmente, o corixo Retiro Mandovi, com 2,5 km de extensão e liga as baías Canalistar e Vitória.

## **4.6. Solos**

### **4.6.1. Compartimento I**

Registrou-se a ocorrência de Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (186,36 km<sup>2</sup>) (Figura 9).

São solos rasos, pouco desenvolvidos, orgânico-minerais, com características de locais planos e abaciados, sujeitos a alagamentos constantes e periódicos, marcados por uma série de terraços e planícies fluviais e recobertos por vegetação de várzea (RADAMBRASIL, 1982).

A granulometria predominantemente fina, associada às baixas declividades inferiores a 1% (SEPLAN, 2000), favorece maior retenção e acúmulo de água por um período maior, na planície de inundação. No período de estiagem, a concentração elevada de argila resseca e formam-se fendas, tornando as margens do canal fluvial vulnerável à erosão mecânica.

### **4.6.2. Compartimento II**

Ocorre o predomínio do Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (144,30km<sup>2</sup>). Suas características foram descritas no Compartimento I.

### **4.6.3. Compartimento III**

Os levantamentos do RADAMBRASIL (1982), Jacomine et al. (1995) e SEPLAN (2000) mostraram a ocorrência de Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (92,27 km<sup>2</sup>), Plintossolo Háptico Distrófico, Planossolo Hidromórfico Distrófico, Planossolo Háptico Eutrófico e Vertissolo Hidromórfico. Dentre estes solos, o Planossolo Hidromórfico Distrófico é o mais expressivo em ocorrências.

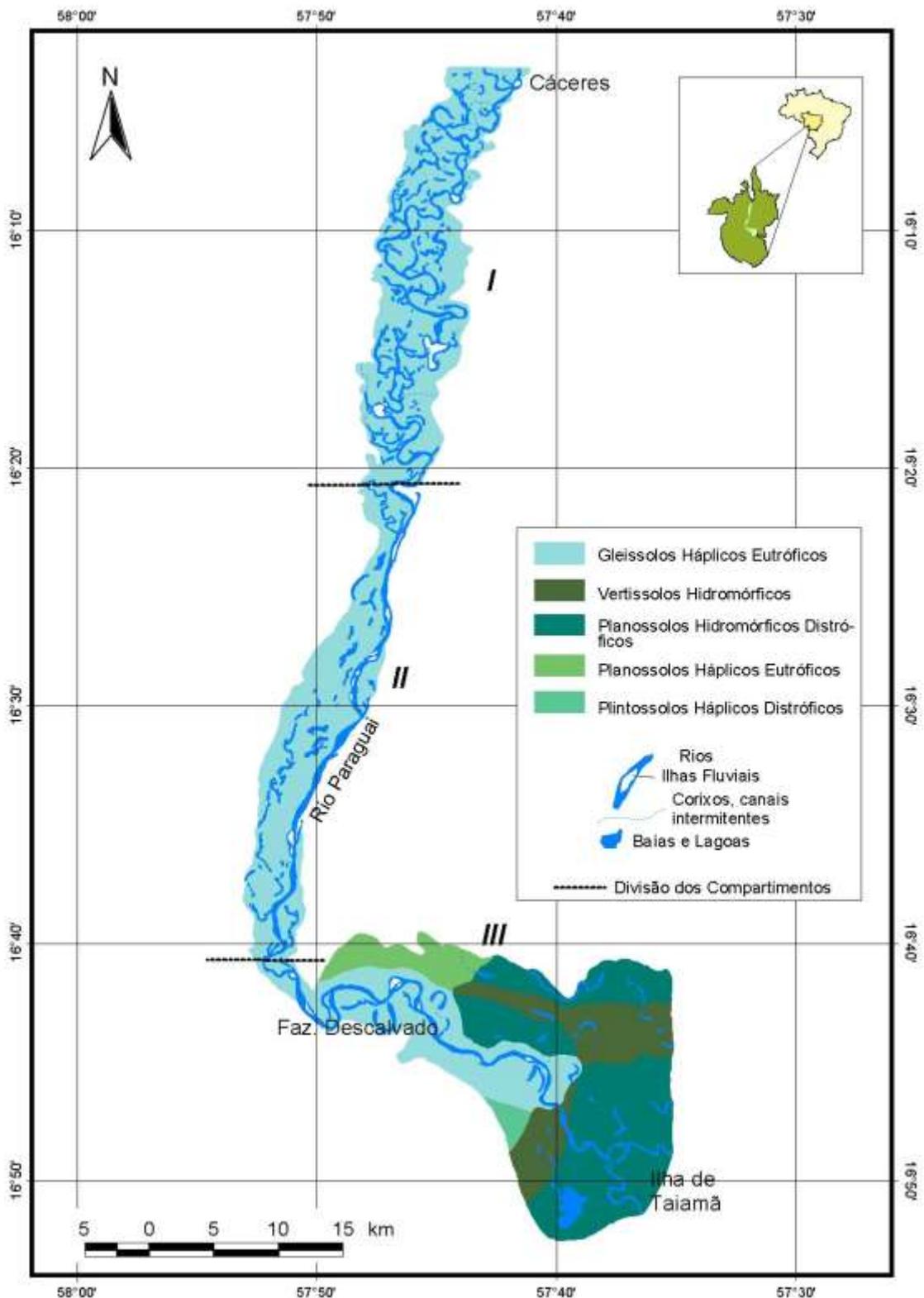


Figura 9 – Esboço das Classes de solo, do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1: 100.000 (1975). Mapas solos do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982) SEPLAN 1:250.000 (2000).

O Planossolo Hidromórfico Distrófico (158,08 km<sup>2</sup>) é raso, apresentando mudança textural abrupta ou presença de horizonte B textural com alta densidade aparente. A permeabilidade é lenta abaixo da superfície, em decorrência da presença do horizonte B textural e baixa porosidade, contribuindo para uma drenagem imperfeita (Jacomine et al., 1995).

O Planossolo Háptico Eutrófico (36,25 km<sup>2</sup>) possui as mesmas características do solo descrito anteriormente, mas diferencia-se quando à maior fertilidade natural, que pode estar refletindo um gradiente do terreno mais baixo, com baixa taxa de saída, mantendo-se os nutrientes no sistema.

O Vertissolo Hidromórfico (64,97 km<sup>2</sup>) possui elevado teor de argila (mais de 30%) com atividade alta (EMBRAPA, 1999). O alto teor de argila torna-o muito plástico e pegajoso, quando molhado, e sua consistência extremamente dura, quando seco, proporcionando-lhe lenta permeabilidade. A atividade alta da argila, aliada à alternância do período chuvoso e estiagem, promove expansão e contração da massa de solo, formando fendas verticais durante o período seco. Em geral, a má condição física confere ao solo uma lenta permeabilidade, contribuindo para manutenção da planície de inundação do corredor fluvial alagada por longo período.

Os solos levantados neste compartimento possuem lenta permeabilidade em subsuperfície, em razão de a porosidade total baixa e o gradiente textural favorecerem o encharcamento temporário, conseqüência do baixo gradiente topográfico que ocupam. Em contraposição ao período em que permanecem molhados, durante a época seca, estes solos tornam-se duros a extremamente duros. Estas características contribuem para a maior instabilidade do canal aos processos erosivos.

## **4.7. Cobertura vegetal**

### **4.7.1. Compartimento I**

Registrou-se a ocorrência de Contato de Floresta Estacional/Savana (58,20 km<sup>2</sup>), Savana Parque Associada a Áreas de Pantanaís (3,89 km<sup>2</sup>) e Floresta Aluvial (124,37 km<sup>2</sup>) (Figura 10), segundo o projeto RADAMBRASIL, 1982 e SEPLAN, 2000.

A ocorrência da formação vegetal Contato Floresta Estacional e Savana está relacionada ao clima com duas estações, uma chuvosa, outra seca, ou à acentuada variação térmica. Esta alternância determina uma estacionalidade foliar dos elementos

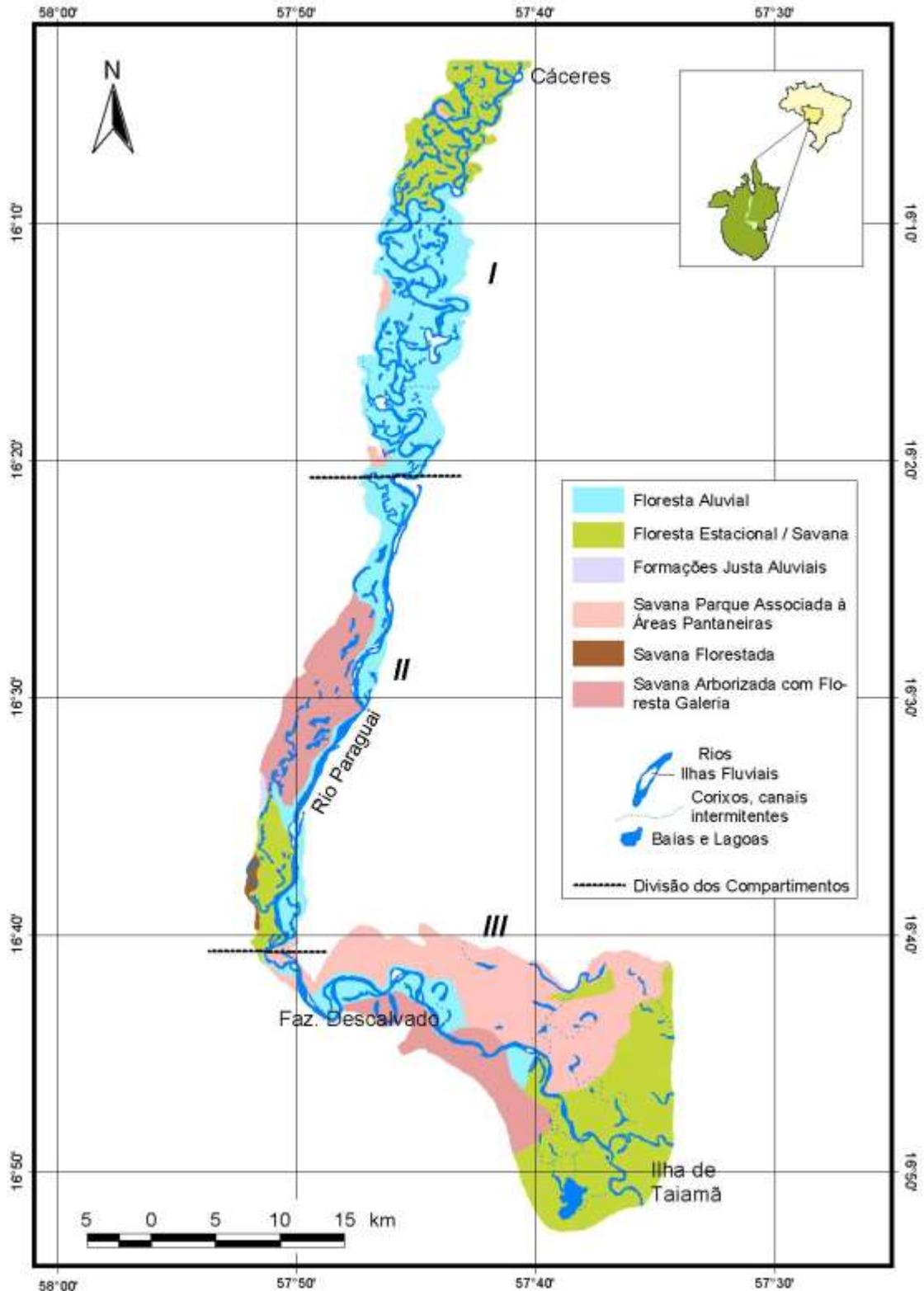


Figura 10 – Esboço da cobertura vegetal, do corredor fluvial, do rio Paraguai entre Cáceres e a Estação Ecológica de Taiamã. Fonte: Cartas topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala 1:100.000 (1975). Mapas das Formações Vegetais do Projeto RADAMBRASIL 1:1.000.000 (1982) e da SEPLAN na escala 1:250.000 (2000).

arbóreos dominantes, que possuem adaptações à alteração dos fatores climáticos. As árvores apresentam-se com gemas foliares protegidas contra a seca, por escamas (catafilos) ou pêlos, cujas folhas adultas são coriáceas (duras) ou membranáceas (de consistência delicada) e decíduas, com altura em torno de 20 m.

Na Savana Parque Associada a Áreas Pantanais, em algumas áreas da planície de inundação sazonal, as árvores e arvoretas ocupam, preferencialmente, pequenas elevações circulares do terreno, sendo que as espécies que se instalam nessas áreas são, em geral, mais sensíveis ao encharcamento periódico.

A Floresta Aluvial foi observada ao longo do rio Paraguai, nas ilhas, em áreas inundáveis ou sujeitas à inundação. Esta formação florestal ribeirinha é diversificada, sendo que suas principais características variam de acordo com sua localização na formação aluvial. São vegetações de pequeno porte, adaptáveis ao encharcamento do solo durante o período das cheias.

A manutenção da cobertura vegetal contribui para dificultar a erosão nas margens. Os trabalhos de campo e o mapeamento de uso da planície mostraram que a cobertura vegetal, no compartimento I, mantém-se quase totalmente preservada. Observou-se a retirada da cobertura vegetal no perímetro urbano da cidade de Cáceres, sendo registrado, também, erosão intensa na margem esquerda do rio Paraguai, no bairro São Miguel.

Uma parte considerável da biomassa vegetal, no rio Paraguai e seus afluentes, é formada por grandes volumes de vegetação flutuante, conhecida como camalotes, que apresenta uma comunidade diversificada de plantas e animais. Os grandes camalotes participam de forma substancial nas cadeias tróficas, que mantêm a comunidade biótica da bacia Paraguai. O adensamento desta comunidade origina-se nas lagoas marginais do Pantanal, bem como nas águas rasas do canal principal próximo à margem.

O transporte desses adensamentos pela água é um processo natural importante, para a manutenção das cadeias alimentares dos peixes e aves (BUCHER et al., 1994).

#### **4.7.2. Compartimento II**

Destacam-se seis tipos de cobertura vegetal (RADAMBRASIL, 1982): Contato de Floresta Estacional/ Savana (21,79 km<sup>2</sup>), Savana Parque Associada a Áreas de Pantanais (0,99 km<sup>2</sup>) e Floresta Aluvial (59,13 km<sup>2</sup>) foram descritas no Compartimento I. As outras formações de destaque são: Savana Arborizada com Floresta Galeria, Formações Justafluviais e Savana Florestada.

Savana Arborizada com Floresta Galeria ocorre em extensa porção (58,13 km<sup>2</sup>) a direita do rio Paraguai; sua ocorrência está vinculada ao sistema de drenagem. Constitui uma formação campestre, com origem natural ou antrópica (caráter secundário), possuindo estrutura mais aberta e mais baixa que o cerradão (aproximadamente 5 m). Caracteriza-se por um tapete gramíneo lenhoso contínuo e a presença de árvores gregárias de troncos e galhos retorcidos, casca espessa (às vezes suberosa) e folhas grandes, grossas, coriáceas ou ásperas.

As Formações Justafluviais ou Savana Gramínea ocupam uma pequena área (1,43 km<sup>2</sup>) no compartimento II. Nas áreas campestres, é comum a ocorrência de pequenas áreas de vegetação pioneira que se fixam, principalmente, no interior das lagoas e baías, nos leitos e bordas dos braços e furados. Esta vegetação é seca na estiagem e ressurgem nas cheias.

Savana Florestada (2,83 km<sup>2</sup>) possui estrutura caracteristicamente arbórea (8 a 15 m), xeromorfa, de esgalhamento profuso, folhas grandes (coriáceas e perenes), casca corticosa, sem estrato arbustivo nítido e com estrato graminoso entremeado de espécies lenhosas de pequeno porte. Sua ocorrência natural se dá sob a forma de pequenos grupamentos isolados (SEPLAN, 2000).

A vegetação geralmente contribui para retenção de sedimentos e para a manutenção da estabilidade da margem. Em algumas situações, no corredor fluvial, a vegetação e o enraizamento propiciaram a erosão e perda de sedimentos nas margens. Essa ocorrência foi registrada nas margens côncavas, onde a erosão é mais intensa.

#### **4.7.3. Compartimento III**

Registrou-se Contado Floresta Estacional/Savana (139,28 km<sup>2</sup>), Savana-Parque Associada a Áreas de Pantanais (135,89 km<sup>2</sup>), Floresta Aluvial (33,49 km<sup>2</sup>) e Savana Arborizada com Floresta Galeria (48,79 km<sup>2</sup>). Estes quatro tipos de cobertura vegetal foram, também, identificados e caracterizados no Compartimento II.

### **5. CONSIDERAÇÕES**

A análise da precipitação mostrou a periodicidade de chuvas intensas (outubro a abril) e período de estiagem (maio a setembro) e sua contribuição para a manutenção da

dinâmica do corredor fluvial. As diferenças acentuadas entre os dois períodos contribuem para aumento no nível de água do rio Paraguai, provocando seu transbordamento para a planície.

As cotas do nível das águas do rio Paraguai apresentaram oscilações, durante os períodos de cheia e estiagem, nas duas estações fluviométricas. Os picos de cheias ocorrem nos meses de dezembro a abril. No período de ocorrência de maior cheia, observou-se um aumento de 3 m no nível da água do rio.

Os outros aspectos ambientais (geologia, geomorfologia, bacias contribuintes, solo e cobertura vegetal), associados ao volume do fluxo e da dinâmica do rio Paraguai, contribuíram para alterar o canal fluvial e as feições morfológicas, além da manutenção da planície temporariamente alagada.

No compartimento I, o rio possui um padrão meandrante com dinâmica própria em relação ao escoamento do fluxo, refletindo o gradiente topográfico suave. No período das cheias, parte do volume da água é desviado para a planície de inundação e, também, armazenado nas baías e lagoas.

Neste compartimento, há predomínio dos sedimentos da Formação Pantanal em um pequeno trecho, enquanto, na margem esquerda, aflora o arenito da Formação Raizama. Em relação aos aspectos geomorfológicos na planície fluvial, registraram-se feições peculiares, como baías, lagoas, furados, braços e diques. As bacias contribuintes são representadas por canais de pequeno porte, sendo na maioria intermitentes. O maior contribuinte de água e sedimentos é o rio Jauru, que deságua na margem direita do rio Paraguai. Ocorre domínio do Gleissolo Háptico Tb Eutrófico sob Contato de Floresta Estacional/ Savana, Savana Parque Associada a Áreas Pantanais e Floresta Aluvial.

No compartimento II, o rio Paraguai possui um padrão retilíneo. A Formação Pantanal predomina, com sedimentos predominantemente aluviais, com granulometria fina inconsolidados ou semiconsolidados. Registrou-se a presença do arenito da Formação Raizama, na margem esquerda, propiciando controle estrutural no canal, reduzindo a área de planície. Há domínio do Gleissolo Háptico Tb Eutrófico sob a ocorrência Contado Floresta Estacional/Cerrado (21,79 km<sup>2</sup>), Savana-Parque Associada a Áreas de Pantanais (0,99 km<sup>2</sup>), Formações Justafluviais (1,43km<sup>2</sup>), Savana Florestada (2.83 km<sup>2</sup>), Floresta Aluvial (59,13 km<sup>2</sup>) e Savana Arborizada com Floresta Galeria (58,13 km<sup>2</sup>).

No compartimento III, o rio Paraguai possui padrão meandrante, a dinâmica da inundação está vinculada à baixa declividade, aliada às características de impermeabilidade do solo com textura predominantemente argilosa, bem como à

sazonalidade (variação dos índices pluviométricos). Os ciclos de cheias e vazantes criam condições ambientais favoráveis às formações vegetais mapeadas. A cobertura vegetal contribui para maior proteção da margem contra os processos erosivos e manutenção da área inundada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. (1970). Províncias geomorfológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia/USP. **Geomorfologia**, v. 20, p. 1-26.

ANTUNES, B. E.; SOUZA, C. A.; VAILANT C. (2000). Bacia hidrográfica do córrego Sangradouro: Estimativa de deflúvio superficial devido enchente causada por chuva com período de retorno de dez anos. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, ano VI, v. 3, n. 17, dez., p. 25.

BRASIL, A. E.; ALVARENGA, S. M. (1989). Relevo. In: **Geografia do Brasil – Região Centro Oeste**. Vol. 1, Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências. p. 53-69.

BUCHER, H.; BONETTO, A.; BOYLE, T.; CANEVARI, P.; CASTRO, G.; HUSZAR, P.; STONE, T. (1994). **Hidrovia**: Uma análise ambiental inicial da via fluvial Paraguai-Paraná. Humedales para Las Américas, Manomet, Massachusetts, USA e Buenos Aires Argentina. 72 p.

DEL'ARCO, J. O.; BECERRA, P. E. L. (1989). Geologia. In: **Geografia do Brasil – Região Centro Oeste**. Vol. 1, Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, p. 35-50.

DNOS. (1972). **Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai**. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 284 p. (Relatório Técnico).

EMBRAPA-CNPS. (1999). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 412 p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. (1996). **Arc View GIS**. New York: The Geographic Information System for Everyone.

FIGUEIREDO, A. J. A.; OLIVATTI, A. (1974). **Projeto Alto Guaporé – Relatório final**. Goiânia: DNPM/CPRM. 11 v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 323).

GUIMARÃES, G.; ALMEIDA, L. F. G. (1969). **Projeto Cuiabá – Relatório Final**. Cuiabá: DNPM. p. 10-21.

JACOMINE, P. K. T.; CASTRO FILHO, C.; MOREIRA, M. L. C.; VASCONCELOS, T. N. N.; SOBRINHO J. B. P. L.; MENDES A. M.; SILVA V. (1995). **Guia para identificação dos principais tipos de solos de Mato Grosso**. Cuiabá: PNUD-PRODEAGO, 50 p.

LUZ, J. S.; OLIVEIRA, A. M.; LEMOS, D. B.; ARGOLO, J. L.; SOUZA J. O; TONNO L. C.; SOUZA N. B.; ABREU FILHO W. (1978). **Projeto Província Serrana** – Relatório final. Goiânia: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral - Convênio DNPM/CPRM, 105 p.

NIMER, E. (1989). Clima. In: **Geografia do Brasil** – Região Centro Oeste. Vol 1, Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, p. 23-35.

PCBAP. (1997). **Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai-Pantanal**. Brasília: Diagnóstico do Meio Físico e Biótico. Ministério dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Vol. II, 1.349 p.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Cuiabá-Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 21, 448 p.

SEPLAN. (2000). **Zoneamento socioeconômico-ecológico**: Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado de Mato Grosso. Nível compilatório. Cuiabá-MT, 121 p.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. (1998). Delimitação do pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 33, p.1703-1711 (número especial).

SOUZA, C. A.; SOUSA, J. B.; CUNHA S. B. (2000). Considerações preliminares sobre impacto das “Chatas” nas Margens do rio Paraguai-MT. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, Ano VI, v. 3, n. 17, dez. p. 5-7.

SOUZA, C. A.; CUNHA S. B.; SOUSA J. B.; SILVA E. F. C; MOREIRA A. B.; SILVA, A. (2002). Aspectos ambientais do corredor fluvial entre Cáceres e a Ilha de Taiamã-MT. **Anais...** Encontro Nacional de Geógrafos. João Pessoa-PB, p. 117.

WEYLER, G. (1962). **Projeto Pantanal**. Ponta Grossa: PETROBRÁS-DEBSP, [s.p.].

## **CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI: OCUPAÇÃO DA PLANÍCIE E NAVEGAÇÃO ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ-MT**

**RESUMO:** O corredor fluvial delimitado para estudo abrange a calha do rio e a planície de inundação, que sofre influência do regime de cheias do rio Paraguai, no segmento entre a cidade de Cáceres e Estação Ecológica da Ilha de Taimã. A ocupação da planície fluvial iniciou-se no século XVIII, motivada pela abertura de fazendas e surgimento do povoado de Cáceres em 1772, à margem esquerda do rio Paraguai. O atual uso da planície está relacionado à expansão urbana de Cáceres enquanto, na zona rural, relaciona-se a algumas construções, pastagem natural para o rebanho bovino, acampamentos de pescadores e banhistas. Na área rural, a vegetação nativa mantém-se quase totalmente preservada. A atividade principal desenvolvida na calha é a navegação, mas a extração de areia é, também, realizada em alguns segmentos do rio Paraguai, nas proximidades da cidade de Cáceres. Na última década, houve um crescimento expressivo da navegação. O Corredor fluvial possui um potencial turístico, em razão da complexidade paisagística, apresentando diversidade de plantas, animais e recursos hídricos, além de constituir um patrimônio histórico e arqueológico. Em Cáceres, são realizados alguns eventos culturais, como o festival internacional de pesca, semana da cultura, festa de São Luiz, dentre outros. Algumas atividades econômicas alternativas como tanque-rede, pesca esportiva e ecoturismo vêm sendo realizadas, levando em consideração a preservação das belezas naturais da região, a fragilidade dos ecossistemas e os aspectos culturais. No momento atual, as indústrias lançam detritos e dejetos no rio sem nenhum tratamento, enquanto, nas areeiras, as dragas aprofundam o leito, alterando a biodiversidade local, acelerando a erosão nas margens, aumentando os sedimentos em suspensão e contaminando o rio com derrame constante de óleo. O processo de navegação é desordenado, principalmente no período de estiagem. A utilização de comboios tem provocado a retirada de sedimentos das margens, além de acelerar a erosão destas, causando perda de solos, deposição de sedimentos, entulhamento e assoreamento do leito fluvial.

Palavras-chave: ocupação, planície, uso, calha, navegação.

**ABSTRACT:** The studied fluvial corridor includes the trough of the river and the flooding plain that is affected by the flood regime of the Paraguay river, between Cáceres county and the Taimã Island Ecological Station. The occupation of the fluvial plain, was began in the century XVIII, motivated by the opening of farms and the appearance of Cáceres county, in 1772, at the left margin of the Paraguay river. The current use of the plain is related to the urban expansion of Cáceres, whereas in the rural area it is related to some constructions, natural pasture for the bovine herd, and fishermen and swimmers' campings. In the rural area, the native vegetation is almost totally preserved. In the trough, the main developed activity is the navigation, but the sand extraction is also accomplished in some segments of the Paraguay river in the surroundings of Cáceres county. In the last decade, an expressive growth of the navigation occurred. The fluvial corridor has a tourist potential, because the landscape complexity showing a diversity of plants, animals and water resources, besides constituting an archeological and historical patrimony. In Cáceres, some cultural events are accomplished, such as the international fishing festival, culture week, São Luiz Day

commemoration, and others. Some alternative economical activities such as the ecotourism, sportive fishing and net-tank have been accomplished, taking into account the preservation of the natural beauties in the area, the ecosystem fragility and the cultural aspects. Today, the industries are throwing debris and dejects in the river, without any treatment, while in the sand mines the dredges deepen the bed, by changing the local biodiversity, accelerating the erosion in the margins, increasing the suspended sediments and contaminating the river with constant oil discharge. The navigation process is disordered mainly over the drought period. The use of convoys has been provoking the removal of sediments from the margins, besides accelerating the erosion of these margins, causing the soil losses, channel rectification, sediment depositions, rubbishing and accretion of the fluvial bed.

Keywords: occupation, plain flooding, use, trough, navigation.

## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação da planície iniciou-se no século XVIII, com a abertura de fazendas e o surgimento do povoado de Cáceres, em 1772, à margem esquerda do rio Paraguai. Atualmente, no perímetro urbano de Cáceres, as margens encontram-se totalmente ocupadas por residências, ruas, áreas de recreação, comércio, indústrias, ancoradouros e área portuária. Na zona rural, a vegetação nativa mantém-se quase totalmente preservada, mesmo com a diversidade de usos, como: edificações de hotéis, sedes de fazendas e casas de veraneio; pastagem natural para o rebanho bovino; acampamentos de pescadores e banhistas nos barrancos e praias, instalados no período de estiagem.

A principal atividade realizada na calha é a navegação, ao passo que a extração de areia é realizada em alguns segmentos do rio próximo a cidade de Cáceres. A navegação no rio Paraguai está vinculada ao processo histórico de desenvolvimento da região de Cáceres e à expansão da agricultura, principalmente soja. Na última década, ocorreu um crescimento expressivo da navegação, principalmente pelo o uso de barcos de pequeno e médio porte, bem como a navegação com grandes embarcações e comboios de chatas para transporte de grãos.

O objetivo principal deste artigo é abordar o processo de ocupação da planície e uso do canal do corredor fluvial do rio Paraguai, identificando os diferentes tipos de uso atuais nas áreas urbanas e rurais e sua interferência na dinâmica do canal fluvial e na planície de inundação, bem como realiza um levantamento do potencial turístico e mostram alternativas econômicas viáveis para o corredor fluvial, no trecho em estudo.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao corredor fluvial do alto curso do rio Paraguai, abrange a calha do rio e a planície de inundação, entre a cidade de Cáceres e a Reserva Ecológica da Ilha de Taiamã em Mato Grosso. Encontra-se entre as coordenadas geográficas 16° 00' a 17° 00' de latitude Sul e 57° 30' a 58° 00' de longitude Oeste (Figura 1).

O corredor fluvial constitui-se de áreas planas de Planícies e Pantanaís (90 a 120 m) e uma pequena porção da Depressão do Alto Rio Paraguai (120 e 300 m). Sua litologia é composta por sedimentos quaternários da Formação Pantanal. Possui precipitação média anual em torno de 1.000 – 1.500 mm.

Os solos levantados no corredor fluvial são, essencialmente, solos minerais, possuem lenta permeabilidade em subsuperfície, em decorrência da porosidade total baixa e do gradiente textural, que favorecem o encharcamento temporário; porém, no período seco, estes solos tornam-se duros a extremamente duros, formando fendas que contribuem para a maior instabilidade do canal aos processos erosivos. Dentro os tipos de solos destacam-se: Gleissolo Háptico Tb Eutrófico (maior ocorrência), Plintossolo Háptico Distrófico, Planossolo Hidromórfico Distrófico, Planossolo Háptico Eutrófico e Vertissolo Hidromórfico (RADAMBRASIL, 1982).

As formações vegetais encontradas no corredor fluvial são, em sua maioria, de pequeno a médio porte, além de uma vegetação rasteira, ambas adaptáveis ao encharcamento do solo durante o período das cheias. A vegetação, que recobre a área, é composta por Contato Floresta Estacional/Savana, Savana-Parque Associada a Áreas de Pantanaís, Formações Justafluviais, Savana Florestada, Floresta Aluvial e Savana Arborizada com Floresta Galeria.

Possui vários afluentes de pequeno porte na margem esquerda, sendo, em sua maioria, intermitente, enquanto seu afluente principal na margem direita é o rio Jauru.

A variação do padrão do canal possibilitou a divisão da área de estudo em três compartimentos. O primeiro compartimento fluvial estende-se da cidade de Cáceres à foz do rio Jauru. O padrão do rio é meandrante, apresentando um processo intenso de erosão na margem côncava e deposição na margem convexa e na planície de inundação. O segundo compartimento inicia-se na foz do rio Jauru e termina na fazenda Santo Antonio das Lendas. O canal diminui a sinuosidade, tornando-se retilíneo, com forte controle estrutural na margem esquerda, enquanto, na margem direita, encontra-se a

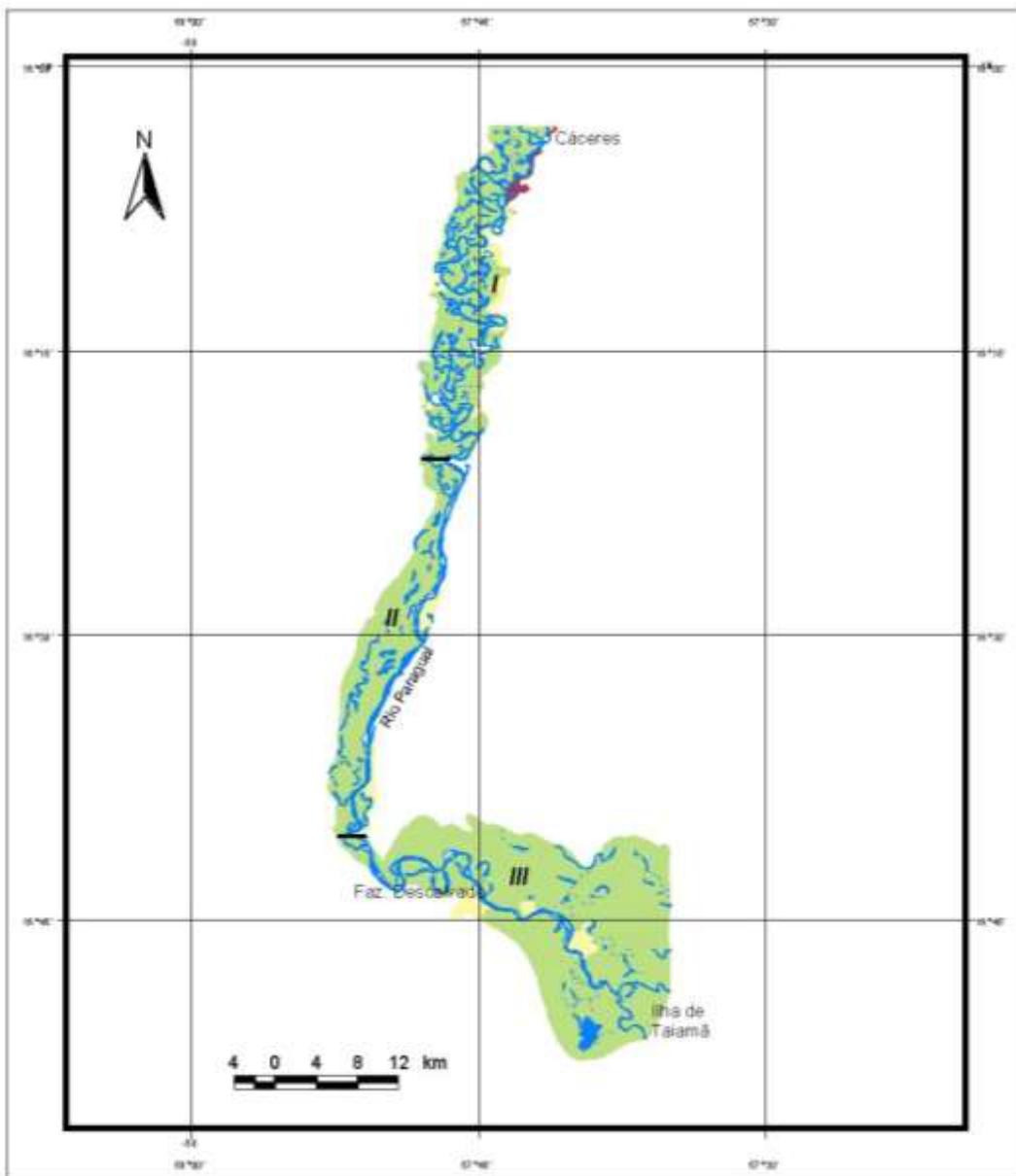
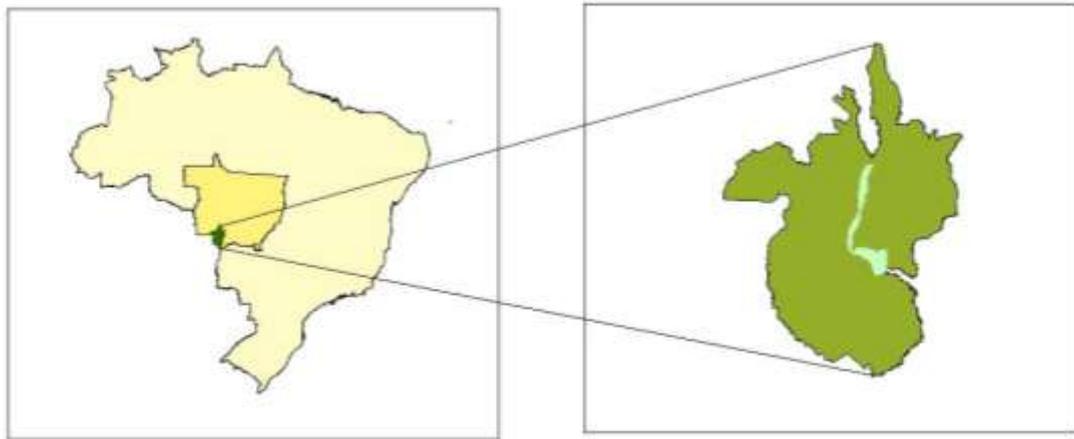


Figura 1 – Corredor fluvial do rio Paraguarí entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taimã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres.

planície de inundação com presença baías e lagoas. O terceiro compartimento inicia-se na fazenda Santo Antonio das Lendas e termina na ilha de Taiamã. Neste compartimento, o canal perde o controle estrutural, alterando sua direção norte-sul para oeste-sudeste, tornando-se novamente meandrante e aumentando a planície de inundação.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

PARK (1981) e KNIGHTON (1989) ressaltam que as alterações induzidas pelo homem, nos canais fluviais podem ser de forma direta e indireta. A primeira refere-se às modificações ocorridas no canal, decorrentes do controle de vazões, visando ao armazenamento das águas e desvio do fluxo, ou de obras de engenharia destinadas à retificação do canal, extração de argilas, areia, cascalhos e canalização do leito. A segunda refere-se à ação indireta do homem, influenciando mudanças no sistema fluvial, vinculada às atividades realizadas fora do canal, mas dentro da bacia hidrográfica e que modificam alguns aspectos deste, tais como a descarga líquida de sedimentos e a variedade de sedimentos armazenados. Estas atividades estão relacionadas ao uso do solo, práticas agrícolas, desmatamento das vertentes e matas de galerias, manejo incorreto do solo, urbanização e recreação. Tais mudanças podem alterar a seção transversal, o perfil longitudinal do rio, o padrão de canal, dentre outras.

Os impactos diretos estão relacionados às obras de engenharia nos canais (construção de barragem e modificações de canais, pontes, dentre outros). Os impactos indiretos modificam os processos geomorfológicos da bacia hidrográfica, a hidráulica e a geometria dos canais, sendo causados pelas práticas de agricultura, pecuária, mineração, desmatamento, transporte fluvial, lazer e outras atividades (PATRICK, 1982).

Ao ocupar uma área ribeirinha, o homem modifica suas condições primárias, a cobertura vegetal e topografia, deixando a área passível à aceleração da erosão. Com a desintegração parcial dos agregados do solo, as partículas deslocam-se a uma certa distância, podendo alcançar os canais fluviais, formando bancos de sedimentos no leito (CARVALHO, 1995).

As mudanças nos canais podem ocorrer em consequência do desenvolvimento urbano, regularização do fluxo, canalização e mudanças do uso da terra na área de influência (GREGORY, 1987; GREGORY e MADEW, 1982; GREGORY et al., 1992). Entretanto, para melhor compreensão e para facilitar um diagnóstico dos impactos,

torna-se necessário o conhecimento sobre o modo como as mudanças ocorrem, onde elas se localizaram na bacia hidrográfica e em que período de tempo elas ocorreram.

Os impactos indiretos no canal provenientes das atividades humana, decorrentes da urbanização, envolvem: desmatamento e mudanças nas margens; alteração nos valores e frequência da precipitação; mudanças na rede de canais; transferência de águas entre bacias; criação de superfícies impermeáveis; modificação na estrutura e propriedades físicas do solo e exposição de superfícies do solo nu, especialmente nos locais de construção. Assim, os aspectos morfológicos e hidrológicos da bacia hidrográfica são alterados (WOLMAN, 1967).

A ausência de um sistema eficiente de coleta de lixo e a falta de consciência ambiental da população faz com que o resíduo seja lançado, indiscriminadamente e extensivamente, dentro dos córregos urbanos. Esses depósitos de lixo não somente oferecem considerável resistência hidráulica ao fluxo, mas também reduzem a velocidade do córrego, promovendo alagamento nas partes anteriores aos depósitos, empoçamento e sedimentação (ODEMERHO, 1992), induzindo a rápida agitação do canal.

As inundações nos rios urbanos podem ser provocadas pela combinação de solos expostos, que contribuem para acelerar os processos erosivos, incluindo destroços (entulhos) espalhados pela planície aluvial. Estes efeitos podem ser atribuídos à ação combinada do aumento na magnitude e no número de picos do fluxo pelo escoamento superficial e aumento na disponibilidade de sedimentos derivados da erosão (EBISEMIJU, 1989).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

A análise da ocupação do corredor fluvial (planície e canal fluvial) foi realizada por meio de consulta à bibliografia existente sobre a ocupação da região, cartas topográficas de 1975 (escala de 1:100.000), imagem de satélite de 2000 (escala de 1:100.000), e GPS para georreferenciamento das praias e sítios arqueológicos.

Trabalhos de campo foram realizados para consolidar as informações (diferentes tipos uso da planície) obtidas na imagem de satélite e possibilitar a aplicação do questionário.

O Sistema de Informação Geográfica (softwares ARCO INFO e ARCO VIEW) foi utilizado, para armazenamento e recuperação de informação espacial, geração e visualização de dados espaciais, e combinação (cruzamento) de informações espaciais.

### **Elaboração dos esboços:**

- O esboço de uso atual da planície, nos três compartimentos morfológicos, foi realizado utilizando imagens de satélite LANDSAT (escala 1:100.000, ano 2000) e trabalho de campo.

- O esboço do potencial do corredor fluvial foi elaborado a partir de Cartas Topográficas (Cáceres e Descalvado), na escala de 1:100.000 do DSG (1975) e os locais (praias, sítios arqueológicos, hotéis) foram localizados no campo, utilizando-se o GPS.

### **Aplicação de questionário:**

- Para verificar os tipos e a quantidade de embarcações, que navegam no rio Paraguai.

- Levantar a infra-estrutura do corredor fluvial.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Ocupação da planície**

Os índios Bororos, Paiaguás e os Guaicurus foram os primeiros habitantes do corredor fluvial, o que dificultou a ocupação da área pelos brancos. No final do século XVIII, ocorreu a efetiva ocupação da área, o que levou à diminuição e extinção dos índios. A ilha de Taiamã foi o último reduto da tribo Bororo na região.

Dessa forma, a ocupação do corredor fluvial, iniciada no século XVIII, começou com a abertura de fazendas e o surgimento do núcleo urbano da cidade de Cáceres à margem esquerda do rio Paraguai. Em meados do século XIX até início do século XX ocorreu, nas margens do rio Paraguai, o desenvolvimento da pecuária extensiva com as grandes fazendas de charqueadas (Descalvado e Barranco Vermelho), para exportação de carne e couro para a Europa (MENDES, 1992).

A fundação da Vila Maria do Paraguai, mais tarde denominada Cáceres, ocorreu em 1772. Sua fundação ocorreu durante a administração do 4º governador da Capitania de Mato Grosso, com o propósito de impedir a evasão de imposto (SOUZA et al., 2001), considerada um ponto estratégico para escoamento do ouro através do rio Paraguai, cuja jazida encontrava-se na capital do Estado, Vila Bela da Santíssima Trindade.

A cidade de Cáceres iniciou-se próxima ao rio, sendo que as primeiras residências e casas comerciais foram construídas às margens do rio Paraguai e em sua planície de inundação, devido à necessidade de abastecimento de água, bem como pelo fato de todo o comércio estar localizado em torno do porto de Cáceres.

Na margem direita do rio Paraguai, localiza-se a fazenda Descalvado que até a segunda metade do século XIX possuía cerca de 600 mil cabeças de gado e uma área em torno de 350 mil léguas quadradas (SOUZA, 1986), tendo cada légua a extensão de cinco quilômetros. A localização privilegiada da fazenda facilitava a compra de rebanho bovino de outras propriedades rurais, cujo transporte dos produtos era feito por via fluvial, assim como sua exportação para a Europa e comercialização com outros estados brasileiros. No auge da produção, o abate atingia 30 mil cabeças de boi ao ano. Suas atividades compreendiam a produção de charque, extrato e caldo de carne, além de vários subprodutos, como o sabão (IBGE, 1958).

A fazenda Descalvado era regionalmente muito importante, devido à sua arrecadação de impostos, sendo considerada, na época, a maior fonte de concentração da receita no estado de Mato Grosso (IBGE, 1958), principalmente, em função da exportação de seus produtos para o mercado europeu. Devido à localização distante de cidades ou vilas, ela constituía uma unidade produtiva, fornecendo desde alimentos até tecidos confeccionados em teares manuais.

O aumento da produção de carne em alguns estados brasileiros e o desenvolvimento das indústrias frigoríficas em São Paulo e países platinos, na forma de monopólios, assim como a construção da estrada de ferro Noroeste do Brasil, facilitou o transporte de gado do estado de Mato Grosso para São Paulo, provocando o declínio da charqueada produzida na fazenda Descalvado.

Outra fazenda de destaque produtivo, localizada no corredor fluvial, denominava-se Barranco Vermelho, situada na margem esquerda do rio Paraguai, a 45 km de Cáceres. Na fazenda, em meados do século XIX e início do século XX, desenvolviam-se as atividades da indústria de charqueada e a usina de açúcar e aguardente, ambas de importância regional.

Na fazenda Barranco Vermelho, o matadouro mantinha uma produção destinada ao abastecimento interno (PCBAP, 1997). A usina de açúcar e aguardente iniciou sua atividade no final do século XIX e início do século XX. Em 1941, devido sua baixa produtividade, não foi enquadrada no estatuto da lavoura canavieira brasileira, o que

resultou em sua decadência. Com a criação de destaque de gado de corte, consolidou-se a Sociedade Pastoril Barranco Vermelho, que perdurou até início dos anos cinquenta.

Na década de 70, o Governo Federal redefiniu o desenvolvimento da região Centro-Oeste a fim de modernizar e incentivar a economia regional. A região foi definida, pelo governo, como área de “Integração Regional” promovendo várias mudanças no município de Cáceres, decorrentes da implementação de alguns projetos, tais como a construção da ponte Marechal Rondon sobre o rio Paraguai e pavimentação da BR 364 e BR 070, cuja conseqüência foi à diminuição da navegação (SOUZA et al., 2001b).

Na década de 70, o índice populacional de Cáceres aumentou para 85.472 habitantes, como resultado do fluxo migratório atraído pela expansão das atividades econômicas básicas (agricultura, pecuária e extrativismo). Em meados da década de 80, a população do município de Cáceres diminuiu para 76.844 habitantes, em razão do desmembramento de sua área para criação de novos municípios (EMPAER, 1996).

Na década de 90, políticas voltadas para o desenvolvimento regional de Cáceres foram implantadas, visando à integração latino-americana. Essa fase vincula-se ao “vetor tecno-industrial, herdeiro da economia de fronteira” (BECKER, 1997), com vários projetos voltados para o desenvolvimento regional, tais como o projeto da hidrovía Paraguai-Paraná, para implementação do sistema fluvial, abrangendo cinco países da Bacia do Prata (porto em Cáceres) para escoamento da soja; implantação da Zona de Livre Comércio (zona de processamento para exportação), visando à integração latino americana e ligação com o Oceano Pacífico por via terrestre.

## **5.2. Uso atual da planície e impactos**

Atualmente, no compartimento I a vegetação ciliar foi retirada para permitir o crescimento do perímetro urbano de Cáceres, ocupando quase totalmente a margem esquerda por residências, áreas de recreação, comércio, indústria, ancoradouros, ruas e área portuária. No trecho rural, nos três compartimentos, a vegetação ciliar sofreu pequenas alterações (Figuras 2). Realizaram-se algumas construções às margens do rio, tais como hotéis, sede de fazenda, casa de veraneio, dentre outras. Os barrancos e as praias são usados para instalação de acampamentos de pescadores e banhistas, enquanto alguns segmentos dos compartimentos I, II e III são usados para pastagem do gado (Tabela 1 e Figura 3).

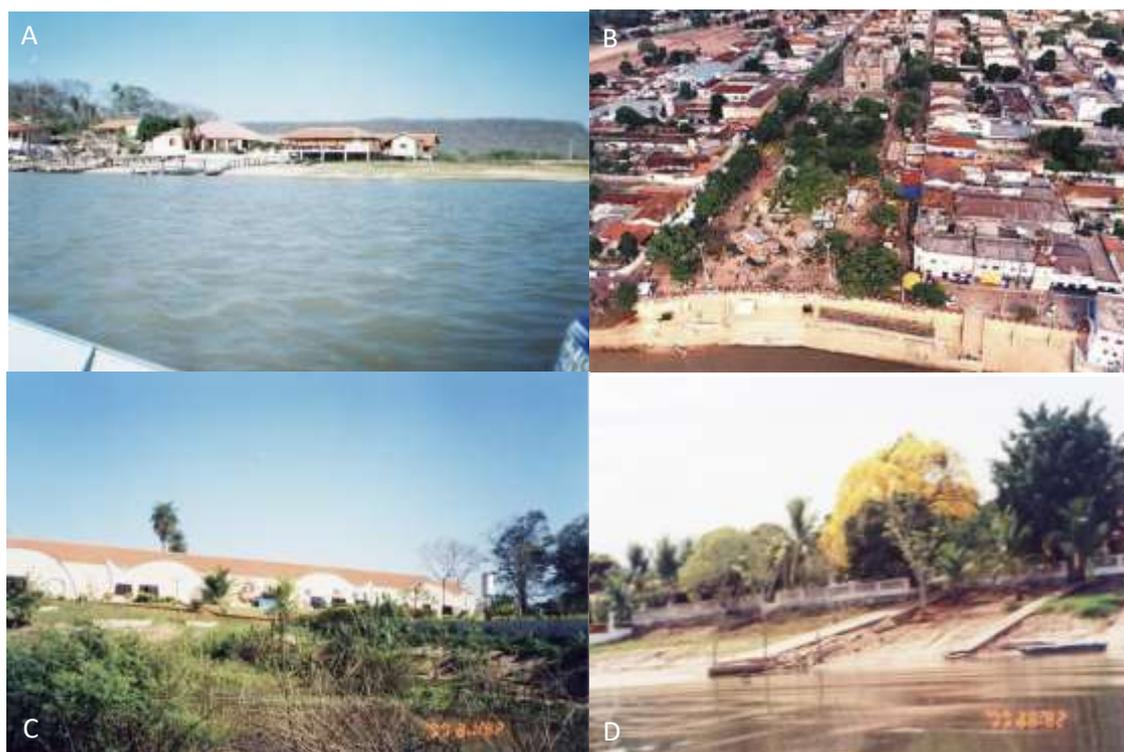


Figura 2 – Substituição da vegetação ciliar do rio Paraguai por (A) hotel Baiazinha (B) Centro de Cáceres (C) hotel Pantanal Três Rios (D) casa de veraneio.

Tabela 1 – Uso da planície fluvial nos três compartimentos morfológicos

Compartimentos	Perímetro urbano (km <sup>2</sup> )	Pecuária (km <sup>2</sup> )	Área preservada (km <sup>2</sup> )	Área da calha (km <sup>2</sup> )
I	3,76	11,57	153,53	17,50
II	-	6,95	121,00	16,35
III	-	11,20	327,40	18,85
<b>Total</b>	<b>3,76</b>	<b>29,76</b>	<b>602,05</b>	<b>52,70</b>

A pecuária extensiva é desenvolvida na planície fluvial, utilizando, principalmente no período de estiagem, as pastagens naturais. O pisoteio do gado próximo ao leito contribui para a compactação do solo, podendo iniciar processos erosivos nas margens.

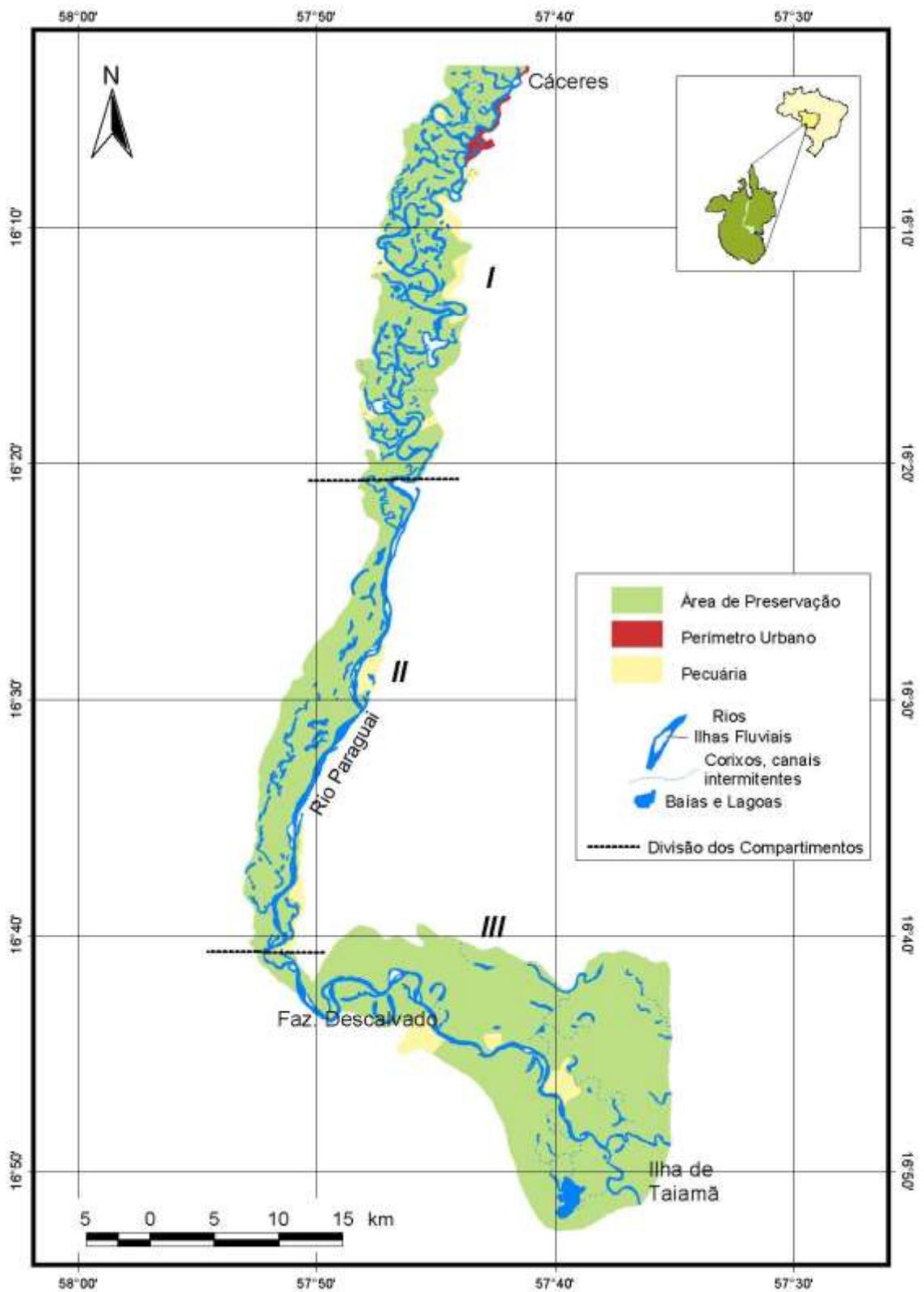


Figura 3 – Uso da planície, no corredor fluvial, nos três compartimentos morfológicos.

A população urbana de Cáceres cresceu, aceleradamente, nos últimos anos. Bairros expandiram-se em direção à margem do rio, aumentando, também, a quantidade de esgoto e lixo lançado *in natura* no rio, ocasionando sérios problemas como poluição, contaminação da água e assoreamento do leito por sedimentos (Figura 4).



Figura 4 – (A) Efeito do atrito das grandes embarcações (comboios) nas margens (B) erosão das margens do rio Paraguai, no perímetro urbano (C) pesca de barranco e erosão nas margens (D) lançamento de esgoto.

Em consequência do crescimento populacional e econômico, alguns ramos de atividades foram desenvolvidos. Na atividade industrial, instalaram-se frigoríficos, curtumes, dentre outras. Além disso, ocorreu a extração de areia no leito, destinada à construção e a instalação de portos para escoamento da soja e de vários ancoradouros para barcos de passeio e barcos menores de pesca.

As atividades são desenvolvidas sem nenhum estudo prévio sobre o impacto e tratamento adequado de restos orgânicos e químicos, que são lançados no rio Paraguai e seus afluentes. No momento atual, as indústrias estão lançando detritos e dejetos no rio, sem nenhum tratamento, enquanto, nas areeiras, as dragas aprofundam o leito, alterando

a biodiversidade local, acelerando a erosão nas margens, aumentando os sedimentos em suspensão e contaminando o rio com derrame constante de óleo.

Os canais fluviais (córregos Sangradouro e Junco), que percorrem o perímetro urbano de Cáceres e deságuam na margem esquerda do rio Paraguai, foram descaracterizados, sendo que a vegetação ciliar foi retirada totalmente e esses canais são utilizados para lançamento de esgoto bruto (residencial, hospitalar e industrial) ou como depósito de lixo (plásticos, garrafas, etc.). No período das cheias, esses lixos podem ser transportados para o rio Paraguai.

Na área portuária, encontram-se os ancoradouros da Portobrás e do Grupo Ceval que embarcam, principalmente, cargas de soja e milho em grãos. Esses ancoradouros foram instalados na parte íngreme, sendo que uma parte do leito foi aterrada para efetuar a ligação entre o ancoradouro e o rio Paraguai.

O corredor fluvial possui potencial turístico e recreativo em razão de sua biodiversidade, com destacando-se a complexidade a nível paisagístico como as áreas inundadas, baías, lagoas, ilhas e praias, dentre outros, bem como a diversidade de plantas, nas margens onde se observam várias espécies de gramíneas e vegetação arbórea de pequeno e médio porte, enquanto na calha do rio e nas baías existem várias espécies de vegetação flutuante, dentre as quais destacam-se os camalotes e vitória-régia (*Victoria amazonica*). Neste cenário, encontram-se várias espécies animais como as aves, peixes, mamíferos e répteis, além de antigas fazendas e sítios arqueológicos. A cidade de Cáceres enriquece tal potencial, em razão do centro histórico e museu, além de proporcionar gastronomia pantaneira típica e eventos culturais, como o festival internacional de pesca, semana da cultura, festa de São Luiz, dentre outros.

As praias, encontradas em alguns segmentos do rio Paraguai, surgem durante o período de estiagem. Seu tamanho pode variar de um ano para outro, devido à quantidade de sedimentos transportados e depositados. Ali os cacerenses instalam acampamentos nos finais de semana e feriados.

Essas praias também são usadas para desova e reprodução de pássaros e tartarugas (*P. expansa*).

O patrimônio arqueológico no corredor fluvial abrange vários sítios arqueológicos que dentre os cadastrados, o do Índio Grande, Jatobá, Santo Antonio das Lendas, Morro Pelado, Barranco Vermelho, Descalvado e Toca cuja visitação pode ser permitida (Figura 5). Conforme a denominação arqueológica, os sítios encontrados na planície do rio Paraguai são identificados como aterros (OLIVEIRA, 1995). São sítios

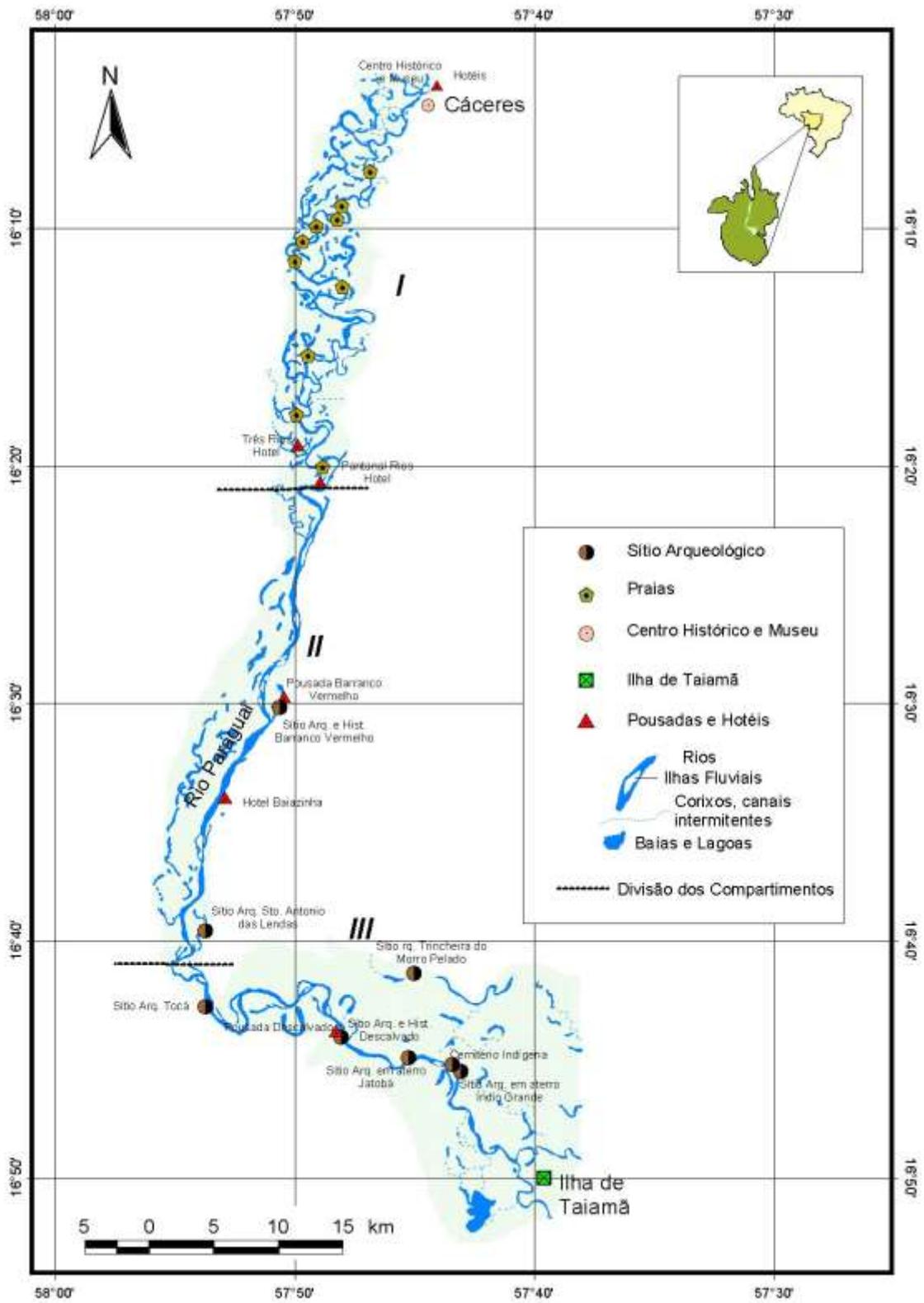


Figura 5 – Potencial do corredor fluvial: praias, hotéis, sítios arqueológicos e centro histórico.

localizados a céu aberto, sendo que, nos pontos elevados da planície, são encontrados materiais arqueológicos (utensílios e fragmentos de cerâmica); as partes mais baixas das planícies de inundação eram usadas para sepultamento, sendo encontradas urnas funerárias contendo esqueletos.

A visita aberta pode contribuir para a degradação dos sítios, o que torna necessária a implementação de uma política de turismo para o município de Cáceres, contemplando necessidades de conservação deste patrimônio (Figura 6).

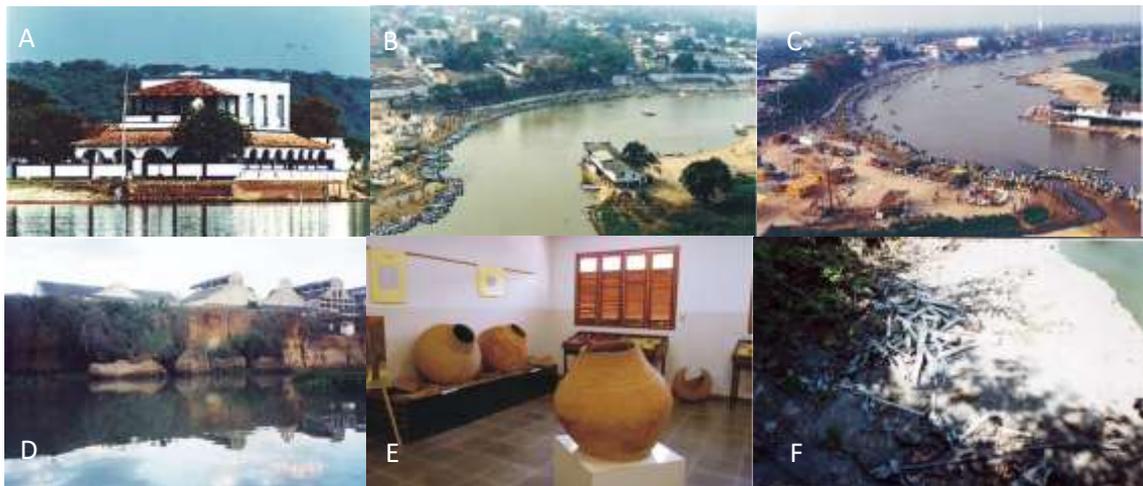


Figura 6 – (A) sede da fazenda Descalvado (B e C) Festival Internacional de Pesca de Cáceres, com intensificação de embarcações (D) fazenda Barranco Vermelho (E) arqueologia-urnas funerárias (F) sítio arqueológico Índio Grande.

Várias ilhas fluviais são observadas ao longo do rio Paraguai, destacando-se a ilha de Taiamã, que é circundada pelo rio Paraguai à direita e pelo Bracinho à esquerda, com área aproximada de 11.000 há. Cerca de 90% desta área é alagada ou sujeita à inundação no período de estiagem. Observam-se lagoas esparsas recobertas, quase totalmente, por capim ou vegetação flutuante. Foi denominada “Estação Ecológica do Taiamã”, através do decreto nº 86.061, de junho de 1981, ficando a fiscalização a cargo do IBAMA, que mantém um posto bem equipado com casas, alojamentos e espaços para pesquisa. Embora a pesca em seu entorno seja ilegal, os barcos de passeio não respeitam esta limitação.

No corredor fluvial, observam-se várias espécies de aves de hábito aquático, *Jabiru mycteria* (tuiuiú), *Phalacrocorax brasilianus* (biguá), *Ardea Alba* (garça), *Ajaia ajaia* (colhereiros) e *Carina moschata* (patos), bem como a *Ara chloroptera* (arara-

vermelha) e *Amazona aestiva* (papagaio verdadeiro). Alguns animais são vistos com frequência, tais como a *Hydrochaeris hydrochaeris* (capivara), *Caiman crocodilus yacare* (jacaré), *Pteronura brasiliensis* (ariranha), *Lontra Longicaudis* (lontra), *P. Expansa* (tartaruga), *Priodontes maximus* (tatus canastra) e *Aotus infulatus* (macaco-da-noite) (EIA, 2000). Uma espécie notável de répteis é a *Eunectes murinus* (sucuri). Com menos frequência, são vistos animais ameaçados de extinção, como a *Panthera onca palustris* (onça-pintada) (Figura 7).



Figura 7 – Ilustrações de animais e vegetações encontradas no corredor fluvial (A) onça pintada (B) jacaré (C) araras (D) aguapé (E) vitória régia (F) ipê rosa. Fonte: CD da EMBRAPA Pantanal.

As floradas ocorrem durante os períodos seco e chuvoso. Na estiagem, florescem árvores, como os paratudos (*Tabebuia aurea*), ipê (*Tabebuia spp*) e a aroeira (*Myracrodrum urundeuva*). Nas cheias, florescem os aguapés (*Erichornia azoeria*) com suas flores azuis, a vitória régia (*Victoria amazonica*) e vários tipos de cipós (Figura 7).

Os aspectos do rio Paraguai, em especial nos grandes trechos meandrante, os braços e as baías, associados a sazonalidade, contribuem para riqueza da ictiofauna regional. No período de cheias, o nível da água aumenta e, conseqüentemente, também a disponibilidade de *habitat* e alimentação para os peixes, contribuindo, ainda, para a desova e crescimento dos peixes. De acordo com estudos realizados pelo PCBP (1997), as famílias de peixes encontradas no rio Paraguai são da superordem *ostariophysii*, compreendendo as ordens *Characiformes* (peixes de escamas) e *Siluriformes* (couro e placas ósseas).

No corredor fluvial, existem várias formas de turismo como o de massa, praticado pela população urbana da cidade de Cáceres e outras cidades vizinhas, que freqüentam as praias e pescam. Outras formas de turismo encontradas são: o turismo pesqueiro, realizado no rio e nas baías por turistas de outros estados; o turismo de contemplação e contato com a natureza (recursos hídricos, fauna, flora) realizado, principalmente, por turistas estrangeiros; o turismo cultural, que envolve visitas a patrimônios histórico e arqueológico (antigas fazendas, museu, centro histórico, sítios arqueológicos); e o ecoturismo, que possibilita a integração do homem com a natureza (passeios fluviais).

Devido a algumas de suas características, Cáceres é conhecida internacionalmente. O Festival Internacional de Pesca, ali realizado, é considerado o maior do mundo (Guinness Book). Some-se a isto a valorização da cultura local, como as festas de São Luiz, São Gonçalo, cururu e o siriri ao ritmo da viola de cocho, a conservação das construções históricas e os casarões antigos tombados como patrimônio histórico. Cáceres possui uma rede hoteleira e restaurantes, com destaque para a comida pantaneira.

A grande quantidade de cardumes de peixes no rio Paraguai, nas baías e lagoas contribuíram tanto para criação da categoria de pescadores profissionais quanto para a organização destes em cooperativa, a Colônia dos Pescadores de Cáceres que compõe-se de 400 associados. A quantidade de pesca mensal varia de 600 a 3 mil quilos, abastecendo toda a região de Cáceres, sendo parte deste pescado vendida em Cuiabá. Para a pesca, são usadas embarcações de porte pequeno e médio, a diesel ou a remo.

### **5.2.1. Infra-estrutura**

A demanda turística no corredor fluvial contribuiu para o desenvolvimento de uma infra-estrutura adequada. Assim, atualmente, Cáceres encontra-se bem equipada com rede hoteleira (21 hotéis) e bons restaurantes. Alguns hotéis foram construídos ao longo do corredor fluvial, destacando-se o hotel Baiazinha e o hotel Pantanal Três Rios, além de antigas fazendas que foram transformadas em pousadas, como Descalvado e Barranco Vermelho, bem como os barcos de passeio com capacidade de transporte de até 36 passageiros.

O hotel Baiazinha localiza-se na margem esquerda do rio Paraguai aproximadamente, 80 km de Cáceres. O acesso ao hotel ocorre por via fluvial, por via terrestre não pavimentada ou por via aérea. Tem capacidade para receber 67 pessoas em suas dependências, além de dois barcos-hotéis disponíveis. Possui barcos de pequeno e médio porte para passeio e pesca no rio Paraguai, além de um restaurante que serve uma variedade de pratos. A maioria dos hóspedes vem dos estados de Minas Gerais e São Paulo, no período de março a outubro, enquanto os turistas estrangeiros que vem para realizar turismo de contemplação, no período de novembro a fevereiro. No hotel possui tratamento de lixo e esgoto.

O hotel Pantanal Três Rios encontra-se na ilha formada pelos rios Jauru, Padre Inácio e Paraguai. O acesso ocorre via rio Paraguai e leva-se 50 minutos de barco de Cáceres até o hotel ou 60 km via terrestre. Com capacidade para 350 pessoas, possui centro de convenções, apartamentos, chalés, camping, restaurante, 30 barcos, 3 lanchas e um barco-hotel com capacidade para 8 pessoas. Além de turistas provenientes, principalmente, dos estados de Minas Gerais e São Paulo, recebem também turistas estrangeiros. O lixo é reciclado ou incinerado na cidade (Cáceres) e o esgoto é tratado antes de ser lançado ao rio.

Na fazenda Descalvado, o ecoturismo está em fase de desenvolvimento com a implantação de um centro de Pesquisa e Visitação. Todo potencial da fazenda está sendo levantado, enquanto restaurações são feitas na igreja, nos antigos alojamentos e casas. A fazenda tem capacidade para receber 30 visitantes diariamente. Na fazenda Barranco Vermelho construiu-se uma pousada com capacidade para 35 pessoas, descaracterizando a antiga sede.

Esta infra-estrutura encontra-se nas margens do rio Paraguai, portanto, um uso inadequado desses recursos, constitui fator decisivo da origem e aceleração dos processos erosivos nas margens e assoreamento do leito. O uso inadequado das margens do rio pode contribuir para aumentar a quantidade de sedimentos que chega ao leito, assoreando-o e, muitas vezes, diminuindo as planícies de inundação. Dependendo da quantidade de sedimentos que chega aos cursos d'água, pode ocorrer agradação, diminuição da profundidade e aumento da largura do canal, alteração do regime hídrico, diminuição da produtividade biológica, dentre outras.

### 5.3. Evolução do processo de navegação

Documentos etnográficos sobre a região mostram que a navegação do rio Paraguai iniciou-se com o uso de pequenas canoas feitas de troncos de árvores e movidas a remo, utilizadas pelos índios para se locomoverem para outros locais.

O desenvolvimento da navegação ocorreu a partir do século XVI, no momento em que os europeus iniciaram a colonização na América, época em que expedições espanholas navegaram com embarcações maiores pelo rio Paraguai. No século XVIII, o rio Paraguai era usado para o transporte de produtos necessários ao abastecimento das fazendas e do núcleo urbano (Cáceres), bem como para o escoamento da produção das fazendas ribeirinhas (carne bovina) e do ouro proveniente da capital do Estado, Vila Bela da Santíssima Trindade.

Em meados do século XIX, até início do século XX, a navegação fluvial foi intensificada, em decorrência da necessidade de escoamento de carne e derivados provenientes das fazendas de charqueadas Descalvado e Barranco Vermelho, bem como de produtos extrativistas como a poaia (*Cephaelis Ipecacuanha*) e pele de animais, garantindo, assim, a exportação destes produtos.

Em 1950, o transporte de carga e de pessoas para Corumbá era realizado via fluvial, ao passo que as mercadorias oriundas de várias partes do País e de países estrangeiros eram, geralmente, transportadas vias aéreas até Corumbá e, depois, via fluvial até os entrepostos de Descalvado, Barranco Vermelho e o porto de Cáceres.

Nos últimos anos, um crescimento significativo da navegação ocorreu no rio Paraguai, aumentando conseqüentemente, o número de barcos de pequeno e médio porte, bem como a navegação de grandes embarcações e comboios de chatas, durante todo o ano, transportando soja dos ancoradouros de Cáceres até Corumbá.

A implantação da hidrovia Paraguai-Paraná possibilitou a navegação de embarcações de grande porte durante todo o ano PONCE (1995). A construção da hidrovia proporcionou o desenvolvimento de um complexo sistema de navegação ao longo dos rios Paraguai e Paraná, desde Cáceres, Mato Grosso, no Brasil, até o porto de Nueva Palmira, no Uruguai, permitindo a circulação de chatas ao longo do rio, durante todo o ano e diminuindo os gastos no transporte da produção regional.

Por outro lado, a implementação da hidrovia ocasionou muitos impactos ambientais sobre o rio Paraguai e ambientes aquáticos associados, incluindo o Pantanal. Para BUCHER (1994), a implantação da hidrovia desencadeou vários problemas

ambientais a montante, a jusante de Cáceres no próprio rio Paraguai, decorrentes da alteração no regime hídrico, deterioração da qualidade da água, perda de áreas úmidas, perda do efeito regulador com aumento da inundação, perda da biodiversidade local e regional, declínio da produtividade biológica e da complexidade a nível paisagístico. Estes efeitos ambientais podem ser gerados pelas obras necessárias à sua navegabilidade como a dragagem, remoção de obstáculos, retificação do rio, alargamento e aprofundamento do canal (CEBRAC e WWF, 1994).

Atualmente, no rio Paraguai, a navegação é bastante intensa. Vários tipos de embarcações são encontrados em seu leito, tais como canoas a remo, barcos a motor, lanchas, barcos de passeio e comboios (Figura 8).



Figura 8 – (A) draga extraindo areia (B) comboios com chatas e rebocador (C) vista área de barcos ancorados no rio Paraguai em Cáceres (D) ancoradouro da Ceval.

De acordo com o levantamento realizado nos ancoradouros, além de entrevistas com barqueiros, a cidade de Cáceres possui 60 canoas, 371 barcos a motor; 52 lanchas, 23 barcos de passeio com capacidade para 10 a 36 pessoas e 45 comboios/ano, sendo que cada comboio possui 6 chatas e 1 rebocador, destinados ao transporte de soja em

grãos (Tabela 2). O elevado número de embarcações, principalmente os barcos a motor, as lanchas e barcos de passeio, geram ondas que promovem a remoção de sedimentos das margens.

Tabela 2 – Tipo e quantidade de embarcações que navegam pelo rio Paraguai

Descrição	Quantidade	Uso
Canoa (remo)	60	Pesca
Barco (motor)	371	Pesca/recreação
Lancha	52	Pesca/recreação
Barco de passeio	23	Pesca/recreação
Comboio	45	Carga (soja em grãos)

O processo de navegação é desordenado, principalmente no período de estiagem, com a utilização de chatas, o que tem provocado a retirada de sedimentos das margens, além de acelerar sua erosão, causando perdas de solo, retificação do canal, deposição de sedimentos, entulhamento e assoreamento do leito fluvial.

No período de estiagem os comboios navegam na margem côncava do rio onde, a calha apresenta-se mais profunda e com volume maior de água. Em vários locais, houve avanço sobre o barranco, cortando e removendo sedimentos, chegando a deslocar a margem côncava até 3 m para o interior (SOUZA et al., 2000). O atrito das embarcações sobre as margens contribui para a formação de fendas, desmoronamento dos blocos e solapamento basal. Estas instabilidades continuam durante algum tempo, provocando desmoronamento de blocos de barranco ao longo do perfil longitudinal do rio (SOUZA et al., 2000). Os sedimentos retirados das margens são transportados, imediatamente ou entulhados. Entretanto, no próximo período chuvoso, provavelmente esses mesmos sedimentos serão transportados para a calha do rio, formando bancos de areias e causando o assoreamento do leito.

Nas margens côncavas do canal, há formação de poços, onde são encontradas várias espécies de peixes, muitas das quais ali desovam, como é o caso da piraputanga (*Bryconhilariu sp*). O aumento da deposição de sedimentos na margem côncava causa diminuição na profundidade dos poços, o que pode influenciar a distribuição espacial de várias espécies de peixes.

O avanço das embarcações sobre as margens corta as raízes secundárias e principal da vegetação, prejudicando a estabilidade das espécies arbóreas e ocasionando sua queda, enquanto a retirada da vegetação marginal provoca aumento no volume de sedimentos carregados e destrói os abrigos de várias espécies, que constroem suas ocas nas margens como, por exemplo, o caranguejo.

Durante os trabalhos de campo, observaram-se dragas retirando sedimentos no compartimento II, a fim de facilitar a navegação de comboios no período de estiagem. A dragagem pode causar sérios problemas ambientais, tais como: o aprofundamento do canal, alterando o regime hídrico do rio Paraguai, ao acelerar a velocidade do fluxo d'água; o novo ajustamento da calha, promovido pela remobilização de sedimentos; e alteração dos habitats de várias espécies de peixes herbívoros e onívoros.

#### **5.4. Atividades alternativas**

Algumas atividades econômicas alternativas estão sendo viabilizadas no corredor fluvial, baseadas em uma proposta sustentável, como a implementação do ecoturismo, considerando as belezas naturais da região, a fragilidade dos ecossistemas e os aspectos culturais. Vale ressaltar, aqui, a pesca esportiva e tanque-rede.

##### **5.4.1. Ecoturismo**

A implantação do ecoturismo no corredor fluvial é importante pelo fato de a região possuir elevado potencial ecológico e cultural. Faz-se necessária a elaboração de um projeto de ecoturismo para a área, com um zoneamento ambiental que especifique o plano de manejo, viabilize a infra-estrutura de suporte às atividades ecoturísticas.

O ecoturismo surge como uma oportunidade de geração de receitas para a população, além da valorização dos recursos ambientais, adequando, assim, a região numa proposta voltada para a diminuição dos impactos negativos, causados pela atividade humana, sobre os recursos naturais, as comunidades e suas culturas.

A atividade do ecoturismo vem de encontro aos anseios de alternativa de desenvolvimento local e está, totalmente, inserida dentro das propostas de desenvolvimento sustentável, consolidando-se dentro de uma atividade econômica capaz de gerar emprego e renda, usufruindo do meio ambiente ao mesmo tempo, em que o preserva.

#### **5.4.2. Pesca esportiva**

A modalidade de pesca realizada até o momento, no corredor fluvial, não tem levado em consideração a questão ambiental. Os turistas oriundos de várias partes do País vêm praticando a pesca predatória, retirando e levando, para suas origens, grande quantidade de peixe e deixando entulho no leito e suas margens. Este sistema não gera renda para a economia local, em função da não absorção de mão-de-obra local e da não utilização dos hotéis, restaurantes, comércio e outros serviços.

A pesca esportiva vem sendo realizada em vários países. Em Cáceres, esta modalidade de pesca está sendo introduzida, baseada no sistema pesque e solte, a partir de 1997, durante o Festival Internacional de Pesca de Cáceres. Esta modalidade de pesca poderá contribuir para o desenvolvimento da região, bem como garantir a sobrevivência dos pescadores locais, além da preservação de algumas espécies de peixes ameaçadas de extinção.

A proposta da pesca esportiva possibilitará uma maior participação da comunidade, em termos de fiscalização ambiental e retorno financeiro. Os pescadores esportistas têm que incluir, em suas equipes, fiscais comunitários que terão a função de fazer cumprir o regulamento desta modalidade de pesca.

#### **5.4.3. Tanque-rede**

O rio Paraguai possui várias baías naturais, que propiciam a implantação de tanques em seu leito. Esta modalidade de produção de peixes em tanque-rede constitui uma alternativa de emprego, pesquisa científica e proteção da ictiofauna, representando uma atividade alternativa de renda para o pescador profissional, durante o período de piracema (reprodução) e para os pequenos criadores de peixe.

Cáceres está investindo na criação de peixes, adotando o sistema tanque-rede. Para isto, conta com o suporte da Associação de Criadores de Peixes em Tanques de Cáceres - ACRIPETR que, atualmente, é composta por 38 associados. Este projeto teve início em 1999, sendo que os tanques encontram-se na baía dos Malheiros.

Embora a produção inicial dos tanques seja destinada ao consumo local, restaurantes e consumidores diretos, a intenção é produzir em grande escala e fornecer peixes para as indústrias, os frigoríficos e supermercados de outras cidades.

## 6. CONSIDERAÇÕES

Os maiores problemas ambientais são decorrentes da ocupação das margens e estão relacionados à expansão urbana de Cáceres, enquanto, no canal, os impactos são devidos, principalmente, ao desenvolvimento da navegação no rio Paraguai. O maior impacto, observado no leito do rio Paraguai, é o atrito das grandes embarcações nas margens do rio.

A necessidade de contato com o ambiente natural tem gerado degradação ambiental, principalmente nos locais visitados por turistas, banhistas e pescadores nas praias naturais e barrancos, são deixados diferentes tipos de lixo (garrafas plásticas, sacolas e outros materiais), os quais, no período de cheias, são transportados para o leito. Outro problema consiste na prática de pesca em locais não permitidos (Estação Ecológica da Ilha de Taiamã).

A implementação de atividades, como a pesca esportiva, e o investimento na criação de peixes em sistema de tanque-rede podem contribuir para o desenvolvimento da região, melhoria da qualidade de vida da população, paralelamente à conservação da natureza, principalmente a ictiofauna. Nesse sentido, o ecoturismo surge como uma alternativa, que permite o uso sustentado do patrimônio natural e cultural.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECKER, B. K. A. (1997). Novos rumos da política regional por um desenvolvimento sustentável da fronteira. In: BECKER B. K.; MIRANDA M. (Org.). **A geografia política do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ.
- BUCHER H.; BONETTO A.; BOYLE T.; CANEVARI P.; CASTRO G.; HUSZAR P.; STONE T. (1994). **Hidrovia**: Uma análise ambiental inicial da via fluvial Paraguai Paraná. Humedales para las Américas. Manomet, Massachusetts, USA e Buenos Aires Argentina. 72 p.
- CARVALHO, N. de O. (1995). **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 372 p.
- CEBRAC e WWF. (1994). **Resumo das conclusões. Quem paga a conta? Análise da viabilidade econômica-financeira do Projeto Hidrovia Paraguai/Paraná**. Brasília: Publicação Fundação Centro Brasileiro de Referência e Apoio Cultural – CEBRAC e Fundo Mundial para a Natureza – WWF, p. 9-25.

- EBISEMIJU F. S. (1989). **The response of headwater stream channels to urbanization in the humid tropics**. *Hidrological Processes*. Vol. 3, Inglaterra.. p.237-253.
- EIA (2000). **Estudo de impacto ambiental do Porto de Morrinhos, município de Cáceres-MT**. Consórcio WALM-AMBIENTAL e Macrologística ACBL. 386 p.
- EMPAER (1996). Empresa Mato-Grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural. **Anuário agropecuário e agroindustrial de Mato Grosso**. Ano 1 (1978-1996). Cuiabá: EMPAER-MT. 429 p.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. (1996). **ArcView GIS**. New York: The Geographic Information System for everyone.
- GREGORY K. J. (1987). **River channel changes**. Chichester: John Wiley and Sons, p. 275-292.
- GREGORY, K. J.; DAVIS R. J.; DOWNS P. W. (1992). **Identification of river channel change to due to urbanization**. Southampton UK: Applied Geography.
- GREGORY, K. J.; MADEW, J. R. (1982). Land use change, flood frequency and channel adjustments. In: **Gravel bed rivers**. John Wiley and Sons. p. 755-782.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (1958). Rio de Janeiro. **Enciclopédia das Cidades Brasileiras**, 480 p.
- KNIGHTON, A. D. (1989). River adjustment to changes in sediment load: The effects of tin mining on the Ringarooma River, Tasmania – 1975-1984. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 14, p. 333-359.
- MENDES, N. F. (1992). **Efemérides cacerenses**. Vol. II, Brasília: Ed. Centro Gráfico do Senado Federal.
- ODEMERHO F. O. (1992). Limited downstream response of stream channel size to urbanization in a humid tropical basin. **Professional Geographer**, Nigéria, v. 4, n. 3, p. 290-310.
- OLIVEIRA, J. E. (1995). **Guató: argonautas do Pantanal**. Porto Alegre: EDIPUCRS. 179 p. (Coleção Arqueologia, 2).
- PARK, C. C. (1981). Man, river systems and environmental impacts. **Progress in Physical Geography**, v. 5, n. 1, p1-31.
- PATRICK D. M. (1982). Methods for studying fluvial change. In: **Gravel bed rivers**. New York: John Wiley and Sons, p. 783-816.

- PCBAP (1997). Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. **Projeto Pantanal**. Brasília: PNMA – Programa Nacional do Meio Ambiente. Vol. II, Tomo 1. 349 p.
- PONCE, V. M. (1995). **Impacto hidrológico e ambiental da hidrovía Paraguai/Paraná no pantanal matogrossense**: Um estudo de referência. San Diego, California: San Diego State University.
- RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Corumbá, Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 20. 448 p.
- RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Cuiabá, Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 21, 448 p.
- SOUZA L. G. (1986). **Retrospectiva histórica do Pantanal**. In: 1<sup>o</sup> Simpósio sobre recursos Naturais e sócio-econômicos do Pantanal. Corumbá: Embrapa do Pantanal.
- SOUZA, C. A.; AVELINO P. H. M.; SOUSA, J. B. (2001b). **Cáceres**: importância no contexto regional e atuação do Estado, n. 20, p. 14-19, set./dez., Bauru.
- SOUZA, C. A.; SOUSA J. B.; CUNHA S. B. (2000). Considerações preliminares sobre Impacto das “Chatas” nas margens do Rio Paraguai-MT. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, ano VI, v. 3, n. 17, dez.
- SOUZA, C. A.; SOUSA J. B.; CUNHA S. B. (2001). **Pantanal matogrossense**: Ocupação das margens e uso do canal fluvial do Rio Paraguai entre Cáceres e à Ilha de Taiaimã. In: 8<sup>o</sup> Simpósio de Geografia Física Recife.
- WOLMAN, M. G. (1967). A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geographical Annular**, v. 49, p. 385-395 (series A).

## DINÂMICA DAS FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E MIGRAÇÃO LATERAL DO CANAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ -MT

**RESUMO:** Visando analisar as alterações nas feições morfológicas na planície e migração lateral do canal no corredor fluvial, no segmento entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT, dividiu-se o corredor fluvial em três compartimentos, em função dos aspectos morfológicos. No primeiro compartimento, o rio possui padrão meandrante, dinâmica caracterizada pela erosão acelerada e deposição de sedimentos na calha e na planície de inundação. No segundo compartimento, o canal diminui a sinuosidade, tornando-se retilíneo, com forte controle estrutural na margem esquerda, enquanto, na margem direita, encontra-se a planície de inundação. No terceiro compartimento, o canal perde todo (no sentido norte-sul) o controle estrutural, mudando sua direção norte-sul para oeste-sudeste, tornando-se, novamente, meandrante e aumenta a extensão da planície, atingindo os terrenos inundáveis do Pantanal. A análise espaço-temporal constatou mudanças na posição do canal e nova adaptação na planície, além de diminuição em sua extensão nos compartimentos I e II. As alterações espaciais resultaram das atividades laterais e do rompimento do colo de meandros, associados aos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, que contribuíram para diminuição da sinuosidade do canal fluvial. As mudanças laterais no canal resultaram em: alterações na direção do fluxo; surgimento de novos braços e furados; alargamento do canal, em resposta ao acúmulo de sedimentos na calha; diminuição da profundidade; progressiva transferência de curva de meandro; e transferência da vazão do canal principal para canais secundários (furados). As análises temporais das feições morfológicas da planície mostraram várias mudanças, tais como: junção de baías e lagoas; aumento da largura de vazantes; surgimento ou desaparecimento de lagoas e baías; diminuição, ou aumento, no tamanho de lagoas e baías; transformação de braços de rios em baías; e surgimento de ilhas fluviais.

Palavras-chaves: dinâmica, feições morfológicas, migração lateral, canal.

**ABSTRACT:** Aiming at the analysis of the morphologic alterations in the plain, as well as the lateral migration in the channel at the fluvial corridor, in the segment between Cáceres county and the Taiamã Island Ecological Station-MT, the fluvial corridor was divided into three compartments as a function of the morphologic aspects. In the first compartment, the river shows a meandrous pattern and its dynamics is characterized by the accelerated erosion and sediment depositions on either the though and the flood plain. In the second compartment, the channel reduces the sinuosity and becomes rectilinear with a strong structural control at the left margin, while at the right margin lays the flood plain. In the third compartment, the channel loses all the structural control, as changing its north-southern direction to west-southeastern and becomes meandrous again, while increasing the extension of the plain and reaching the floodable lands in the Swampland. The space-time analysis showed changes in the channel position and new adaptation in the plain, besides the decrease in its extension at the compartments I and II. The space alterations resulted from the lateral activities and the rupture of the bend depression associated to the processes of erosion, transport and sediment deposition, which contributed to a decreased sinuosity in the fluvial channel. The lateral changes in the channel resulted into: changes in the flow direction;

emergence of new armlets and gut; channel enlargement in response to the accumulation of sediments in the trough; decreased depth; progressive transfer of the bend curve; and transfer of the main channel flow to the secondary channels (gut). The temporary analyses of the morphologic plain features showed several changes, such as: junction of bays and ponds; increase in the width of ebb tides; appearance or disappearance of ponds and bays; decrease or increase in the size of the ponds and bays; transformation of river armlets into bays, and appearance of fluvial islands.

Keywords: dynamics, morphologic features, lateral migration, channel.

## 1. INTRODUÇÃO

O estágio evolutivo do corredor fluvial (calha e planície) reflete as mudanças ocorridas nas condições do sistema fluvial, em várias escalas temporais, associado à evolução geológica e climática da região e aos efeitos da atividade humana direta e indireta no canal.

A migração lateral nos canais fluviais está, intimamente, associada às mudanças no curso dos rios e desenvolvimento da planície de inundação. A compreensão de seus processos é, portanto, fundamental para o entendimento sobre o desenvolvimento de feições fluviais (HOOKE, 1979).

Vários estudos foram realizados sobre as mudanças temporais nos canais fluviais (migrações laterais e feições fluviais). LAWLER (1993) sintetiza várias questões sobre o assunto e propõe novas técnicas de monitoramento. GOSWAMI et al. (1999) obtêm bons resultados, utilizando alguns recursos como mapas, fotografias aéreas e imagem de satélite para monitorar as mudanças temporais no rio Subanssiri, em Assam, Índia. No Brasil, são poucos os trabalhos sobre o tema, destacando-se as pesquisas realizadas por: FERNANDEZ (1990) sobre as mudanças no canal fluvial do rio Paraná; ROCHA (1996) sobre a erosão marginal em canais fluviais associados ao rio Paraná; SOUZA (1998) sobre a dinâmica atual do córrego Piraputanga MT; ROCHA (2002) sobre a dinâmica dos canais no sistema rio – planície do alto rio Paraná; FONTES (2002) sobre o baixo curso do rio São Francisco; e MORAIS (2002) sobre mudanças históricas na morfologia da calha do rio Araguaia (MT).

O objetivo do estudo é conhecer a tendência espacial e temporal das feições morfológicas e do canal fluvial, nos três diferentes compartimentos. O conhecimento da dinâmica é essencial à atenuação dos riscos e, conseqüentemente, contribuirá para o diagnóstico da dinâmica do corredor fluvial (calha e planície de inundação), em termos

de armazenagem, estágio de evolução, deposição de sedimentos e magnitude da instabilidade do canal.

O trabalho apresenta as mudanças espaço-temporais (1975 e 2000) do corredor fluvial, formado pela planície marginal (baías, lagoas, ilhas, vazantes e ilhas fluviais) e da calha do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Reserva Ecológica da ilha de Taiamã. Este estudo fornece informações úteis à compreensão sobre os sistemas fluviais, em escala de tempo médio e atual (26 anos).

A área de estudo constitui um complexo sistema, condicionado pela vasta planície sedimentar com inundações periódicas, topografia plana, cotas variando de 90 a 120 metros e formada por solos hidromórficos em sua maioria. Estas características contribuem para inundações periódicas, mostrando uma drenagem deficiente. A baixa declividade na foz dos tributários do rio Paraguai dificulta o escoamento, aumentando a planície de inundação e contribuindo para a deposição da carga de sedimentos no leito do rio Paraguai e na planície marginal.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

O corredor fluvial em estudo localiza-se no alto curso da bacia do rio Paraguai, no segmento fluvial entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. Encontra-se entre as coordenadas geográficas 16° 00' a 17° 00' de latitude Sul e 57° 30' a 58° 00' de longitude Oeste e sua área aproximada é 688 km<sup>2</sup> (Figura 1), sendo composto pela calha do rio Paraguai e a planície fluvial marginal sujeita à inundação periódica, ou permanentemente alagada. O canal apresenta-se meandrante e retilíneo, enquanto, na planície, encontram-se várias feições fluviais, dentre as quais destacam-se as baías, lagoas, vazantes, braços, furados e diques aluviais.

As baías constituem áreas deprimidas, contendo água, delineando formas circulares, semicirculares ou irregulares. As vazantes são áreas de depressão. Na época de enchente, essas depressões servem de escoadouro entre as baías e têm caráter de curso fluvial intermitente. Os braços correspondem a pequenos cursos, geralmente perenes, conectados ao rio principal. O furado consiste de pequenos canais encontrados, geralmente, em rios de planícies, surgem devido ao rompimento do colo do meandro, podendo evoluir para canal principal.

As variações do padrão do canal e das características morfológicas da planície possibilitaram a divisão do segmento em três compartimentos, conforme descrito a seguir.

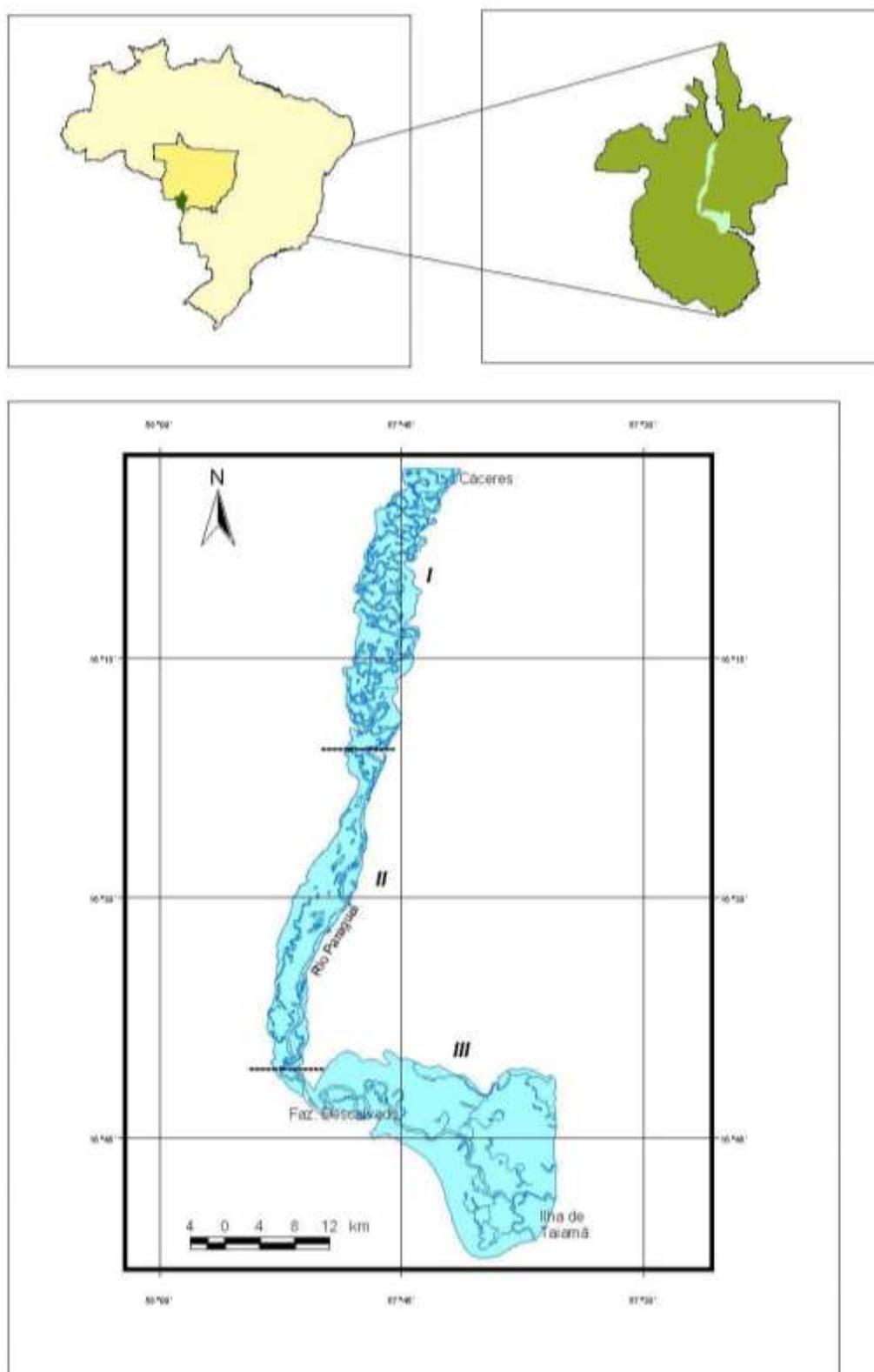


Figura 1 – O corredor fluvial do rio Paragui entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres. I, II e III representam os compartimentos estudados.

O primeiro compartimento (32,5 km de extensão) estende-se da cidade de Cáceres à foz do rio Jauru. O padrão do rio é meandrante, apresentando um processo intenso de erosão na margem côncava e deposição na margem convexa e na planície de inundação.

O canal fluvial possui uma dinâmica intensa, caracterizada por erosão acelerada, provocando a ligação direta de algumas baías e braços com o canal principal, chegando a transferir o fluxo do canal principal para o canal secundário. Sua planície é deprimida com baías e lagoas drenadas, principalmente no período de cheias, por vazantes e braços, que são separados por terraços e diques marginais com vários níveis de acumulação antigos e recentes.

O segundo compartimento (36,5 km de extensão) inicia na foz do rio Jauru e termina na fazenda Santo Antonio das Lendas. O canal diminui a sinuosidade, tornando-se retilíneo, com forte controle estrutural na margem esquerda, enquanto, na margem direita, encontra-se a planície de inundação com presença de baías e lagoas. No início do segundo compartimento, na margem direita, o rio Paraguai recebe água e sedimentos do rio Jauru e, na margem esquerda, do córrego Espinha Comprida. A influência do substrato rochoso da Província Serrana (arenito da Formação Raizama e calcário da Formação Araras), em sua margem esquerda, resulta uma dinâmica mais estável neste trecho.

O terceiro compartimento (31 km de extensão) inicia na fazenda Santo Antonio das Lendas e termina na ilha de Taiamã. O canal perde todo o controle estrutural, alterando sua direção norte-sul para oeste-sudeste, tornando-se, novamente, meandrante e aumentando a planície de inundação. Neste compartimento, o rio Paraguai atinge os terrenos inundáveis do Pantanal, ocorrendo bifurcação no canal principal, ficando do lado leste um braço de rio, que circunda a ilha de Taiamã. Os córregos, na maioria das vezes, não alcançam o canal principal, enquanto alguns pequenos cursos d'água drenam nas áreas sujeitas à inundação, desaguando em baías e lagoas, ou espraçando-se na planície, contribuindo para formar a área de Pantanal.

Apresenta dois períodos bem definidos, em termos de precipitação: chuvas intensas (outubro a março) e estiagem (abril a setembro). Nos meses de dezembro e janeiro as máximas diárias ultrapassam 50 mm, situação esta típica de região, que possui regimes de precipitações tropicais.

A drenagem do trecho em estudo é constituída pelo rio Paraguai e, predominantemente, por pequenos afluentes, ressaltando-se apenas o rio Jauru como o único de grande porte, um dos principais contribuintes de fluxo e carga de sedimentos. Neste trecho, o rio Paraguai

possui uma dinâmica própria, em termos de escoamento do fluxo, que reflete seu gradiente suave; parte do volume de água é desviado no período das cheias, para a planície de inundação, além de armazenar-se em lagoas e baías (Figura 2).

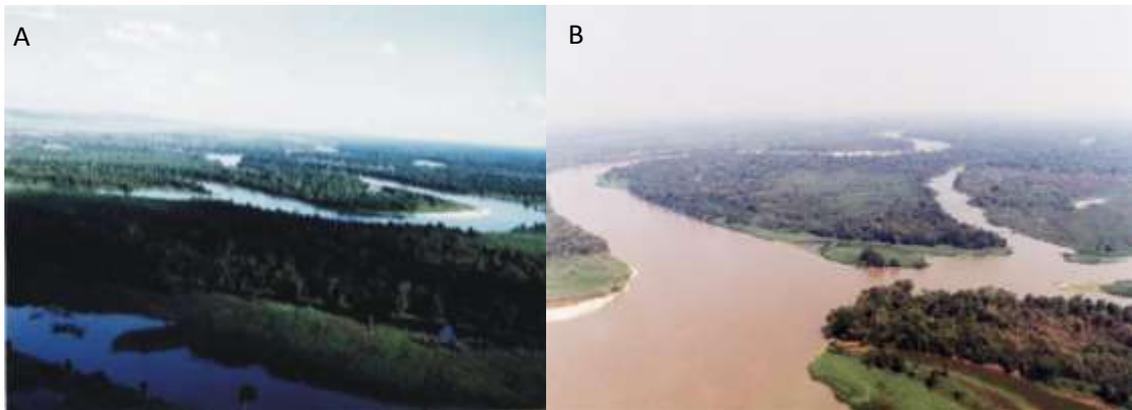


Figura 2 – Compartimento I: (A) Aspectos do corredor fluvial (B) rio Paraguai e furado.

Os afluentes, que deságuam nesta área, contribuem para a dinâmica do corredor fluvial, em termos de volume de água e carga de sedimentos. Observações de campo durante o período de estiagem mostraram que, na confluência desses afluentes com o rio Paraguai, grandes quantidades de sedimentos foram depositadas, sendo que uma parte dos sedimentos transportados por esses afluentes são depositados na planície de inundação.

A litologia do corredor fluvial é constituída por sedimentos aluviais da Formação Pantanal, segundo levantamento realizado pelo RADAMBRASIL (1982). Na planície de inundação, os depósitos atuais estão associados aos processos de sedimentação nas planícies aluvionares do rio principal (Paraguai) e seus afluentes. São depósitos pouco largos, porém linearmente ressaltáveis, compostos de areias, siltes, argilas e cascalhos, reconhecendo-se depósitos de canal de barra em pontal e transbordamento (GUIMARÃES e ALMEIDA, 1969). Em alguns trechos, na margem esquerda, possui afloramentos de arenito da Formação Raizama.

A morfologia da área é composta pelos pantanais Corixo Grande-Jauru- Paraguai e o Pantanal Cuiabá-Bento-Gomes-Paraguaizinho. Destacam-se algumas evidencias morfológicas peculiares, como a planície fluvial e uma pequena porção da depressão do Alto Paraguai.

As condições da planície favorecem a ocorrência de solos hidromórficos, destacando-se os tipos de solo: Gleissolo Háplico Tb Eutrófico, Plintossolo Háplico Distrófico,

Planossolo Hidromórfico Distrófico, Planossolo Háptico Eutrófico e Vertissolo Hidromórfico.

Devido à alternância entre um período de cheia e estiagem e a inundação diferenciada, relacionada à declividade do terreno propicia o desenvolvimento de várias formações vegetais: Contato Floresta Estacional/Savana, Savana-Parque Associada a Áreas Pantanais, Formações Justafluviais, Savana Florestada, Floresta Aluvial e Savana Arborizada com Floresta Galeria (PCPAP, 1997).

No corredor fluvial desenvolvem-se várias atividades. No perímetro urbano de Cáceres, a vegetação ciliar foi retirada e as margens do rio encontram-se totalmente ocupadas por residências, áreas de recreações, comércio, indústrias, ruas (pavimentação) e área portuária. No trecho rural, a vegetação ciliar sofreu pequenas alterações, destacando-se a realização de algumas construções nas margens do rio, como hotéis, sede de fazenda, casas de veraneio, pecuária, dentre outras. Nos três compartimentos, observa-se que os barrancos e as praias são usados para instalação de acampamentos de pescadores e banhistas.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

No Brasil, a disponibilidade de informações sobre a dinâmica de canais fluviais é muito restrita, em especial tratando-se de rios percorrendo áreas inundadas ou sujeitas à inundação, como no caso das planícies e pantanais Mato-Grossense. A seguir, são apresentadas algumas contribuições teóricas e conceituais sobre os aspectos fisiográficos dos canais fluviais e a planície de inundação.

#### **3.1. Características fisiográficas e dinâmica dos canais fluviais**

As características e o comportamento dos sistemas fluviais refletem-se na integração dos efeitos conjuntos de controle da nascente e jusante e de fatores, como o clima, geologia, vegetação, uso do solo e aspecto da bacia que, juntos, determinam o regime hidrológico, a quantidade e tipo de sedimentos fornecidos.

Segundo CUNHA (1998), os fatores que contribuem para mudança no regime das águas e na produção de sedimentos nos canais dependem da atuação conjunta das condições naturais e atividades humanas. As características naturais incluem: topografia, tipo de

solo, geologia e clima, enquanto as atividades humanas referem-se à forma de ocupação.

O aspecto morfológico do canal fluvial depende do equilíbrio entre erosão e deposição. Se um eventual desequilíbrio acontece entre estes processos, o canal fluvial sofre um ajustamento de suas variáveis morfológicas, a fim de alcançar nova forma estável compatível com as novas condições, o que pode ocorrer em um intervalo de tempo, que varia longo, médio ou curto prazo, devido às mudanças na vazão e transporte de sedimentos (FERNANDEZ, 1990).

Considerando a bacia de drenagem como um sistema hidrogeomorfológico, COELHO NETTO (1996) afirma que a ocorrência de alterações significativas na composição ambiental de uma certa porção do canal fluvial poderá afetar outras áreas situadas à jusante, resultando na transferência de impactos para outras unidades da bacia. Os impactos podem, também, ter repercussões nas nascentes.

Portanto, as mudanças de ordem natural e antrópica, que atuam no fornecimento de energia, causam um reajuste nas formas e processos, conforme sua intensidade de atuação. Exemplificando, o desmatamento próximo às nascentes de um rio pode deixar o solo suscetível à erosão. O sedimento transportado pode alcançar a calha de drenagem, provocando mudanças no canal. Este processo depende da capacidade de transporte do rio.

Para WOLMAN (1967), as mudanças nos canais dependem da descarga e carga de sedimentos, em intervalos curtos e médios de tempo. Cada uma das variáveis independentes, água e sedimentos, são, por vez, relacionadas ao solo, a litologia, à geomorfologia, vegetação e clima da região.

CARVALHO (1995) ressalta a importância do conhecimento sobre a dinâmica dos canais fluviais, tanto em relação aos recursos hídricos quanto sob o ponto de vista da hidráulica e controle da erosão, assim como os aspectos sedimentológico, geomorfológico e do planejamento regional.

Para RICCOMINI et al. (2000), a morfologia dos canais fluviais é controlada por uma série de fatores autocíclicos (próprios da rede de drenagem) e alocíclicos (que afetam não apenas a rede de drenagem, mas toda a região onde ela está inserida), que apresentam relações bastante complexas. Como fatores autocíclicos, são consideradas as descargas (tipo e quantidade), a carga de sedimentos transportada, a largura e profundidade do canal, a velocidade de fluxo, a declividade, a rugosidade do leito e a cobertura vegetal nas margens e ilhas. Estes, por sua vez, são condicionados pelos

fatores alocíclicos, tais como as variáveis climáticas (pluviosidade, temperatura) e geológicas (litologia, falhamentos).

A drenagem de uma área depende da pluviosidade e topografia, como também da cobertura vegetal, tipo de solo, litologia e estrutura das rochas. Estes elementos foram discutidos por SUGUIO e BIGARELLA (1990).

A maioria dos estudos realizados sobre os sistemas fluviais utiliza a classificação baseada em quatro padrões básicos de canais, ou seja, retilíneo, meandrante, entrelaçado e anastomosado. Estes quatro padrões podem ser caracterizados, em função de parâmetros morfométricos dos canais, tais como a sinuosidade, o grau de entrelaçamento e a relação entre largura e profundidade. RICCOMINI et al. (2000) ressaltam a importância do clima na esculturação dos diferentes padrões de drenagem. Os tipos de rios entrelaçados são mais comuns em regiões desérticas secas, enquanto os rios meandantes estão associados a climas mais úmidos. Os rios anastomosados são, também, mais frequentes em climas úmidos, pois, do mesmo modo, dependem de ações da vegetação na fixação das margens. Os rios retilíneos estão, praticamente, restritos a pequenos segmentos de drenagem.

Os canais meandantes são encontrados nos rios, que percorrem regiões quentes e úmidas em terrenos planos; possuem curvas sinuosas, escavando na margem côncava e depositando na margem convexa. O processo de meandramento pode apresentar ajuste entre as variáveis hidrológicas, inclusive a carga detrítica e a litologia, em que instala-se o curso d'água (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os canais reticulados são influenciados, diretamente, pelo embasamento rochoso local e, geralmente, são raros na natureza. Em realidade, podem ser observados outros tipos de canais intermediários, entre os canais retos e os efetivamente meândricos, conforme relatou CHRISTOFOLETTI (1980).

### **3.1.1. Canais meandantes**

Os canais meandantes caracterizam-se pela presença de alta sinuosidade. RICCOMINI et al. (2000) associam a erosão lateral do canal ao processo de erosão nas margens côncavas e deposição nos leitos convexos.

PENTEADO (1974) comentando a respeito dos meandros de planícies aluviais, livres ou divagantes, relata que esses tipos de meandros são observados quando as sinuosidades dos rios são independentes do traçado dos vales.

CHRISTOFOLETTI (1981) procurou descrever as feições de meandros. Os meandros abandonados não possuem ligação direta com curso de água atual. Os diques semicirculares correspondem aos bancos de sedimentos, que se desenvolvem no lado interno da curva do meandro, dando origem aos meandros abandonados. O colo de meandro é o pedúnculo, que separa dois braços de um meandro com tendência a ser cortados. A faixa de meandro é a porção da planície aluvial ocupada por meandros.

### **3.1.2. Planície de inundação**

A planície de inundação é, normalmente, tratada como plana, mas, na realidade, apresenta formas suaves originadas de processos deposicionais. SUMMERFIELD (1991), discutindo sobre as planícies de inundação, afirma que existem dois tipos de deposição dos sedimentos: acréscimo por deposição lateral, provocado pela migração do canal pela planície de inundação; e acréscimo por deposição vertical, fora do canal, durante as cheias.

A planície de inundação é formada pelos aluviões e materiais variados. Na vazante, o escoamento está restrito a parcelas do canal fluvial, onde há deposição de parte da carga detrítica com o progressivo abaixamento do nível das águas. Na época das cheias, ocorre a elevação do nível das águas que, muitas vezes, transbordando sobre as margens, inundam as áreas baixas marginais. A corrente fluvial, ao transpor as margens, permite a construção do dique marginal (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Estes diques são muito nítidos, no caso em que as areias finas e médias em suspensão são, bruscamente, abandonadas ao transpor a margem, devido à rápida diminuição da velocidade da corrente que transborda.

Os depósitos residuais são compostos por sedimentos, grosseiramente, selecionados e depositados nas partes mais profundas dos rios; ocorrem em canais meandrantés, apresentando forma lenticular. A deposição pode ser feita com areias, como é o caso de canais retilíneos, sendo este tipo de depósito descontínuo pouco espesso (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os depósitos de preenchimento do canal são constituídos pela sedimentação e, normalmente, associados a rios de meandros. Os canais abandonados podem transformar-se em lagos com flora e fauna abundantes e baixa taxa de sedimentação, constituída, principalmente, por argila e matéria orgânica. Com o entulhamento do canal

e maior desenvolvimento da vegetação, pode originar-se um pântano. Em geral, o preenchimento de canais é feito por areias silticas, siltes arenosos e argilas silticas, que podem formar as seguintes estruturas: camadas planas, constituídas por areias depositadas, provavelmente, sob condições de regime de fluxo superior; seqüências de estratos cruzados do tipo acanelado e planar, desenvolvidos pela migração de macroondulações em regime de fluxo inferior; camadas formadas de laminações onduladas ascendentes, situadas próximas ao topo do ciclo da enchente; e camadas ou lentes ocasionais formadas, principalmente, de bolotas de argila (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

### **3.1.3. Migração lateral**

A erosão marginal desempenha um importante papel na migração lateral. Este tipo de erosão contribui, significativamente, para o incremento da carga no fundo dos rios e provoca destruição progressiva da área marginal (THORNE, 1978).

Segundo HOOKE (1979), a evolução do processo de erosão marginal é rápido, em comparação a muitos outros processos geomorfológicos. Isto acentua a importância do estudo, quanto à interpretação da mudança na paisagem, bem como o conhecimento das taxas de erosão marginal, que são de grande valor na investigação dos efeitos das atividades humanas na mudança da forma do canal e uma predição, em pouco tempo, da erosão e o planejamento para o seu controle.

O fenômeno de alargamento e migração dos canais fluviais é facilitado e acompanhado de erosão marginal. Os processos de erosão das margens estão entre os elementos mais dinâmicos da paisagem, sendo que o entendimento sobre seu mecanismo de atuação é fundamental para a explicação da evolução dos diversos elementos da dinâmica fluvial. A erosão das margens tem, também, importância econômica, como a perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas e a proteção de obras civis construídas próximo ao canal fluvial, bem como a complementação de estudos de assoreamento em reservatórios (FERNANDEZ, 1990).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Vários estudos sobre as mudanças no canal baseiam-se, freqüentemente, nos métodos de avaliação espaço-temporal, adotados por alguns pesquisadores. HAMMER

(1972) utilizou método espaço-tempo para monitorar o alargamento do canal devido à urbanização, na Inglaterra. GREGORY (1987) utilizou o mesmo método para avaliar mudanças no canal do rio Chichester (Inglaterra). Embora este método possibilite avaliar as adaptações do canal, torna-se necessário adapta-lo a diferentes realidades (EBISEMIJU, 1991).

Neste estudo, adotou-se o método espaço-temporal para avaliar as mudanças no corredor fluvial. O espaço refere-se ao canal e planície fluvial, entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica de Ilha de Taiaimã. Essa área foi dividida em três compartimentos, a partir do padrão do rio. O período de tempo corresponde a 26 anos (1975 a 2000).

O corredor fluvial é uma unidade geomorfológica importante, pois, nela interagem os fatores físicos, biológicos, econômicos e sociais. Sob o ponto de vista do auto-ajuste, pode-se deduzir que os canais fluviais integram uma visão de conjunto do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nele desenvolvidas. A escolha do período de 1975 a 2000, para realizar o presente trabalho, baseou-se em alguns elementos como a disposição dos dados, bem com o fato que o período de vinte e seis anos é expressivo para avaliação das mudanças ocorridas no corredor fluvial.

Para analisar as variações espaço-temporais, nas feições morfológicas (baías, braços, furados, vazantes, lagoas e ilhas) da planície fluvial e no canal, foram utilizadas as cartas topográficas – Folhas Cáceres e Descalvado, período de estiagem (escala 1:100.000 -1975 DSG) e imagens de satélite LANDSAT, período de estiagem (escala 1:100.000, bandas 2, 4 e 5 de 2000) associados às observações de campo.

O estudo ambiental exigiu tratamento de informações, que constituem a base de dados fundamentais em qualquer tipo de análise aplicada. Para tal, a utilização da tecnologia dos SIGs a possibilita o cruzamento de todas as informações disponíveis. Desta forma, a implementação da tecnologia oferecida pelos SIGs vem de encontro aos objetivos propostos no presente estudo, facilitando, assim, a operacionalização do mesmo. Para obter dados da hidrografia (canal fluvial, lagoas, baías, braços, furados, vazantes e ilhas) e delimitar a planície de inundação, foram utilizados os softwares ArcInfo e ArcView e a mesa digitalizadora.

No ArcInfo, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- A) Criação de uma carta em coordenadas de mesa, como ARC (ArcInfo);
- B) Digitalização;

- C) Georreferenciamento das coordenadas da carta em UTM;
- D) Criação da topologia
  - rio e planície de inundação em linhas
  - baías e lagoas em polígono
- E) Unir as cartas e criar nova topologia como linha.

No ArcView foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- A) Importar as informações para o ArcView no formato Shape, para o ajustamento dos esboços;
- B) Separação dos compartimentos;
- C) Quantificação das baías e lagoas;
- D) Sobreposição dos esboços de 1975 e 2000, para analisar as alterações nas feições morfológicas (baías, lagoas, ilhas e vazantes) e no canal fluvial (rio, braços, furado); e
- E) Edição final dos esboços.

A correlação dos dados consistiu no cruzamento dos dados obtidos, gerados em 1975 e 2000, o que contribuiu para a espacialização, quantificação e tabulação dos dados referentes aos esboços gerados, permitindo, assim, analisar e interpretar os elementos, que constituem o corredor fluvial entre 1975 e 2000, assim como avaliar a evolução e adaptação do sistema fluvial.

As baías e lagoas foram agrupadas, aleatoriamente, de acordo com o tamanho para facilitar a análise.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Mudanças espaço-temporais das feições morfológicas da planície fluvial**

As mudanças nas feições morfológicas da planície e na calha do rio resultam da própria dinâmica do corredor fluvial, que está relacionada ao índice de precipitação, declividade do terreno, litoestrutura local e características do solo. Estes fatores são essenciais para manter o equilíbrio na dinâmica do corredor fluvial, em termos de erosão, transporte e deposição.

Ao interpretar as mudanças temporais das feições morfológicas, deve-se considerar alguns elementos, que contribuem para o assoreamento da planície e das feições (baías, braços, furados, lagoas e vazantes), como o transbordamento do fluxo e da carga de sedimentos transportados pelo rio principal, assim como o volume de fluxo e de sedimentos que chegam dos afluentes.

Ao diminuir o débito no período de estiagem, conseqüentemente, diminui a capacidade de transporte, sendo depositados principalmente os sedimentos grosseiros. Esta movimentação periódica provoca assoreamento parcial, ou total de lagoas e baías. Por outro lado, nota-se que o processo intenso de erosão fez com que novas lagoas e baías surgissem e algumas, já existentes, aumentassem sua dimensão.

### 5.1.1. Compartimento I

O compartimento I abrange uma área de 186,36 km<sup>2</sup>, sendo que 19,5 km<sup>2</sup> correspondem à calha do rio Paraguai (extensão 70 km) e a planície de inundação abrange 166,86 km<sup>2</sup>, incluindo as áreas de baías, lagoas, braços, furados e vazantes.

Ocorre diferenciação no tamanho e comprimento, quando se comparam as margens da planície. Na margem direita, a planície abrange uma área de 99,5 km<sup>2</sup>, enquanto, na margem esquerda a área de planície corresponde a 67,36 km<sup>2</sup> (Tabela 1).

Tabela 1 – Área e extensão das planícies e do leito do corredor fluvial em 1975

Compartimento	Área da planície (km <sup>2</sup> )		Área da calha do rio (km <sup>2</sup> )	Área total (km <sup>2</sup> )
	M.D.	M.E.		
I	99,5	67,36	19,5	186,36
II	110,95	17,00	16,35	144,30
III	137,50	201,10	18,85	357,45

M.D. = Margem direita, M.E. = margem esquerda.

O corredor fluvial abrange uma área rebaixada, com inundação permanente ou periódica, níveis de drenagem fluviais (lagoas, baías, braços, furados, vazante e canal principal), com diversas formas de acumulação de sedimentos, como bancos de sedimentos ou praias, diques e terraços aluviais.

Na planície de inundação, a baixa declividade do terreno, o regime de precipitação (alternância entre um período chuvoso e outro de estiagem) e a impermeabilidade do solo (favorece maior retenção e acúmulo de água por um período maior na planície) possibilitaram a formação de feições peculiares a este compartimento, ocorrendo adaptações e distribuições ao longo do perfil longitudinal do rio Paraguai. O levantamento realizado na carta topográfica (1:100.000) de 1975 permitiu diagnosticar, na planície fluvial, as seguintes feições morfológicas: 27 baías, 46 lagoas, 22 braços, 5 furados, 6 vazantes e 8 ilhas fluviais (Tabela 2).

No mapeamento de 2000, observaram-se várias alterações nas feições morfológicas, tais como: junção de baías, aparecimento de novas lagoas, baías e vazante, desaparecimento de lagoas e baías, rompimento de braços do canal principal e surgimento de ilhas. A quantificação das feições morfológicas mostrou: a permanência de 24 baías das 27 existentes em 1975 e surgimento de 3 novas baías; a permanência de 35 lagoas das 36 diagnosticadas anteriormente e surgimento de 3 novas; dos 24 braços existentes, 17 mantiveram-se e 3 novos braços apareceram; os 5 furados existentes permaneceram e surgiram 4 novos; das 6 vazantes existentes anteriormente permaneceram e surgiram 3 novas; e das 8 ilhas existentes 6 mantiveram-se e surgiram 4 novas ilhas (Tabela 2 e Figura 3).

Os resultados da análise do cruzamento das informações (1975 a 2000) revelam algumas mudanças. As baías (B4 e B6) uniram-se, aumentando a dimensão; houve uma junção da baía B8 com as lagoas L8 e L9 e o braço Br3, originando os furados Fn1 e Fn2; a baía B15 juntou-se ao braço Br7; uma porção do braço Br21 rompeu originando a nova baía Bn3, enquanto a outra porção deste braço uniu-se com a vazante V6.

Quanto às lagoas, observou-se junção entre lagoas, baías e braços, evoluindo para braço e furado, alterações estas que podem ser atribuídas à própria dinâmica da planície de inundação (deposição de carga sólida no período de cheias). No mapeamento de 2000, foi diagnosticado o desaparecimento de várias lagoas existentes em 1975, o que pode estar relacionado ao processo de colmatagem. As lagoas L8 e L9 uniram-se à baía B8 e evoluíram para furado novo (Fn1 e Fn2); a lagoa L13, que localizava-se no colo de meandro, evoluiu para um furado novo (Fn3); as lagoas L11, L12, L20, L23, L25 e L32 colmatadas, em 2000.

Tabela 2 – Feições morfológicas, mapeadas em 1975 e 2000, no corredor fluvial do rio Paraguai

Compartimentos	Feições morfológicas	1975	2000
----------------	----------------------	------	------

			Remanescente	Novas
I	Baías	27	24	03
	Lagoas	46	36	03
	Braços	22	17	03
	Furados	05	05	04
	Vazantes	06	06	03
	Ilhas fluviais	08	06	04
II	Baías	20	20	03
	Lagoas	14	14	02
	Braços	05	05	00
	Furados	00	00	00
	Vazantes	00	00	00
	Ilhas fluviais	14	13	00
III	Baías	17	17	00
	Lagoas	06	06	02
	Braços	06	09	04
	Furados	00	00	00
	Vazantes	09	09	00
	Ilhas fluviais	08	08	00

A análise mostrou o surgimento de novas baías e lagoas, em 2000. As três novas baías (Bn1, Bn2 e Bn3) originaram-se da acumulação de sedimentos, o que criou uma barreira natural entre o braço e o rio principal, interrompendo a passagem da água. Foi observada a presença de 5 novas lagoas (Ln1, Ln2, Ln3, Ln4 e Ln5).

As ilhas fluviais também sofreram mudanças. As ilhas (I7 e I8), originaram-se do rompimento do colo do meandro, em anos anteriores a 1975. Após esse ano, os solos das ilhas foram erodidos e transportados, no período de maior vazão, resultando no desaparecimento dessas ilhas em 2000. As novas ilhas fluviais (In1, In2, In3 e In4) resultaram do movimento migratório, que provocou o rompimento do colo do meandro ou da junção de baías, lagoas e braços.

O comportamento dos braços foi marcado pelo estágio de evolução, promovido pela própria dinâmica do canal e da planície de inundação. Os novos braços (Brn1, Brn2 e Brn3) originaram-se do acúmulo de sedimentos no canal principal, obstruindo a passagem de água no trecho, ou da junção de baías e lagoas.

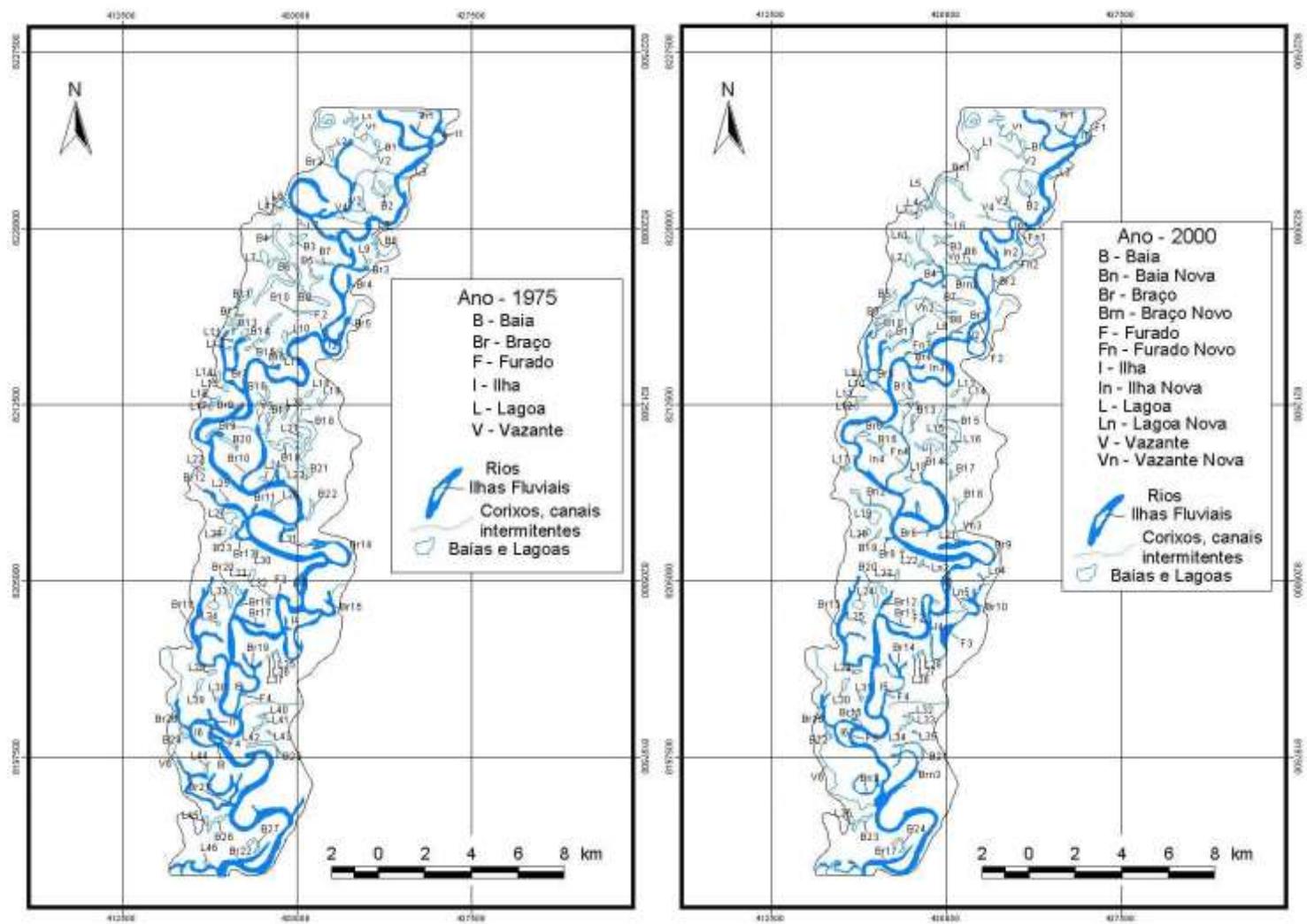


Figura 3 – Mudanças nas feições morfológicas (1975 e 2000), no compartimento I, no corredor fluvial.

Durante o período analisado, ocorreu evolução da vazante V5 para braço do rio, provavelmente devido à erosão das margens, provocando aumento na largura do canal. Três novas vazantes (Vn1, Vn2 e Vn3) foram diagnosticadas, em 2000.

A quantificação da área das baías e lagoas, nos anos de 1975 e 2000, possibilitou verificar as mudanças ocorridas na dimensão das mesmas durante esse período. O aparecimento e desaparecimento de feições são mudanças, que resultam de processos atuantes como a erosão, transporte e deposição de sedimentos na planície fluvial, que é periodicamente inundada.

O volume de água e sedimentos, associados à baixa declividade do terreno (inferir 1%/5 km), provoca o espalhamento horizontal dos sedimentos na planície, contribuindo, assim, para a deposição vertical e horizontal dos sedimentos e proporcionando enchimento parcial, ou total, das baías e lagoas das planícies alagadas. O aumento das áreas das baías e lagoas é provocado, principalmente, pelos processos erosivos e reflete uma reação natural do corredor fluvial, resultando em expressivas alterações nas feições morfológicas deste compartimento.

A comparação entre área das baías, nos anos 1975 e 2000, possibilitou verificar mudanças na dimensão das mesmas, durante esse período, somente no compartimento I. Ocorreu acréscimo de área em três baías, variando de 0,17 a 0,49 km<sup>2</sup> e registrou-se a perda de área de quatorze baías. A porção de área perdida variou de 0,04 a 0,99 km<sup>2</sup> (Tabela 3).

Tais mudanças foram, diretamente, influenciadas pelo transbordamento do fluxo e carga de sedimentos do rio Paraguai, durante o período chuvoso, para planície de inundação.

Quanto às mudanças na dimensão das lagoas no compartimento I, observou-se aumentou no tamanho de uma lagoa, cerca de 0,18km<sup>2</sup>, enquanto redução no tamanho ocorreu em quatro, lagoas variando de 0,03 a 0,38 km<sup>2</sup> (Tabela 4).

No compartimento I, registrou-se o acréscimo de área nas 3 ilhas fluviais I1, I4 e I5, variando de 0,13 a 0,57 km<sup>2</sup>. A área acrescida na ilha pode estar relacionada à deposição de sedimentos nas laterais. Observou-se perda de área na ilha I6, entorno de 0,04 km<sup>2</sup> (Tabela 5).

Tabela 3 – Acréscimo e perda de área das baías no corredor fluvial

Compartimento	Baías (1975)		Baías (2000)		2000	
	Nº	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Equivalente	Área (km <sup>2</sup> )	Área Acrescida (km <sup>2</sup> )	Área perdida (km <sup>2</sup> )
I	2	1,19	2	0,34		0,80
I	3	1,72	3	1,21		0,50
I	7	0,74	6	0,38		0,36
I	9	1,59	7	1,15		0,44
I	10	0,95	8	0,47		0,48
I	11	1,24	5	1,54	0,30	
I	13	0,52	10	0,48		0,04
I	16	1,16	12	1,65	0,49	
I	17	0,76	13	0,53		0,23
I	18	8,01	15	7,29		0,72
I	19	3,66	14	3,36		0,30
I	20	1,15	16	0,62		0,53
I	21	0,60	17	0,29		0,31
I	22	1,25	18	0,86		0,39
I	23	0,76	19	0,34		0,42
I	24	0,65	22	0,82	0,17	
I	25	1,88	21	0,89		0,99

Tabela 4 – Mudanças no tamanho das lagoas do corredor fluvial

Compartimento	Lagoas (1975)		Lagoas (2000)		2000	
	Nº	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Equivalente	Área (km <sup>2</sup> )	Área Acrescida (km <sup>2</sup> )	Área perdida (km <sup>2</sup> )
I	4	0,42	4	0,60	0,18	
I	6	0,50	6	0,26		0,24
I	7	0,27	7	0,11		0,16
I	10	0,74	8	0,36		0,38
I	27	0,22	19	0,19		0,03
III	6	3,51	6	1,99		1,52

Tabela 5 – Acréscimo e perda de área das ilhas no corredor fluvial

Compartimento	Ilha (1975)		Ilha (2000)		2000	
	Nº	Área (km <sup>2</sup> )	Nº Equivalente	Área (km <sup>2</sup> )	Área Acrescida (km <sup>2</sup> )	Área perdida (km <sup>2</sup> )
I	1	1,93	1	2,27	0,24	
I	4	1,43	4	2,00	0,57	
I	5	1,39	5	1,52	0,13	
I	6	0,57	6	0,53		0,04
III	1	0,16	1	0,11		0,05
III	2	0,21	2	0,20		0,01

### 5.1.2. Compartimento II

Na margem esquerda do rio, neste compartimento, observa-se menor área de planície, devido ao condicionamento estrutural. Esta maior definição da calha faz com que o fluxo concentre-se no leito, aumentando a largura do canal, que neste trecho varia de 200 a 500 m. A margem direita do rio Paraguai apresenta uma extensa área de inundação, que pode estar relacionada à declividade do terreno, podendo ser influenciada, também, pelo rio Jauru, que possui um comportamento de espraiamento próximo à sua foz, formando uma espécie de leque aluvial e contribuindo, assim, com fluxo e carga de sedimentos para a planície de inundação.

O compartimento II abrange uma área de 144,40 km<sup>2</sup>, sendo que 16,45 km<sup>2</sup> correspondem à calha do rio Paraguai (extensão 41 km). Na margem direita do rio, a planície de inundação possui 110,95 km<sup>2</sup> e na margem esquerda, cerca de 17 km<sup>2</sup> (Tabela 1). A menor faixa de planície na margem esquerda do rio relaciona-se aos condicionantes estruturais em seu entorno, pois, em alguns pontos, ocorrem afloramentos de rochas areníticas e calcárias.

Os condicionantes estruturais da margem esquerda do rio diminuem a ocorrência de feições morfológicas. Na margem direita do rio, as condições favorecem ao alagamento e contribuem para o surgimento e manutenção dessas feições. Em 1975, foram diagnosticados 20 baías, 14 lagoas, 5 braços e 14 ilhas (Figura 4 e Tabela 2).

A própria característica deste compartimento propiciou certa estabilidade durante esse período de vinte e seis anos. Em 2000, as 20 baías permaneceram e

surgiram 3 novas, as 14 lagoas continuaram a existir, originando 2 novas lagoas, sendo levantados 5 braços e 13 ilhas (Figura 4 e Tabela 2).

### **5.1.3. Compartimento III**

A alternância de períodos de cheia e estiagem e o lençol freático sub-aflorante favoreceram as mudanças nas feições morfológicas. As chuvas de novembro a março provocam aumento no volume de água das baías e lagoas, as quais recebem ainda uma quantidade expressiva de sedimentos.

Neste compartimento, o rio Paraguai muda sua direção para sudoeste, ampliando, também, a área alagada. O trecho do compartimento III abrange 137,50 km<sup>2</sup> de planície, na margem direita do rio, e 201,10 km<sup>2</sup> na margem esquerda. O canal principal tem 61 km de extensão em todo o percurso, sendo que a calha do rio perfaz uma área de 18,85 km<sup>2</sup> (Tabela 1).

Neste compartimento, encontra-se o Pantanal propriamente dito, o pantanal do Corixo Grande-Jauru-Paraguai à direita do rio Paraguai e pantanal Cuiabá-Bento Gomes-Paraguaizinho à esquerda, formando uma imensa planície de áreas alagáveis. Ao contrário dos brejos, as águas do Pantanal estão em constante movimento, variando de acordo com a época (cheia e estiagem).

Os aspectos litoestruturais da margem esquerda do rio e o padrão retilíneo do canal influenciaram o grau de alteração. As mudanças aconteceram na margem direita do rio e três novas baías surgiram (Bn1, Bn2 e Bn3). A baía Bn3 surgiu da evolução de parte do braço Br4. Também, neste trecho, surgiram duas novas lagoas (Ln1 e Ln2).

Os aspectos da calha (encaixada) e da planície fluvial contribuíram para a estabilidade das baías, que mantiveram suas áreas durante o período analisado (26) anos. As 14 lagoas existentes, em 1975, mantiveram suas áreas. Neste trecho, surgiram duas novas lagoas, Ln1 com área de 0,14 km<sup>2</sup> e Ln2 com área de 0,09 km<sup>2</sup>.

Quando o rio Paraguai muda de direção, sua faixa de inundação, também aumenta, promovendo a adaptação das feições morfológicas, que são representadas por feições esculpidas na planície. Por meio de cartas topográficas de 1975, foram levantadas, neste compartimento, as seguintes feições morfológicas: 17 baías, 5 lagoas, 6 braços, 9 vazantes e 8 ilhas fluviais (Figura 5 e Tabela 2).

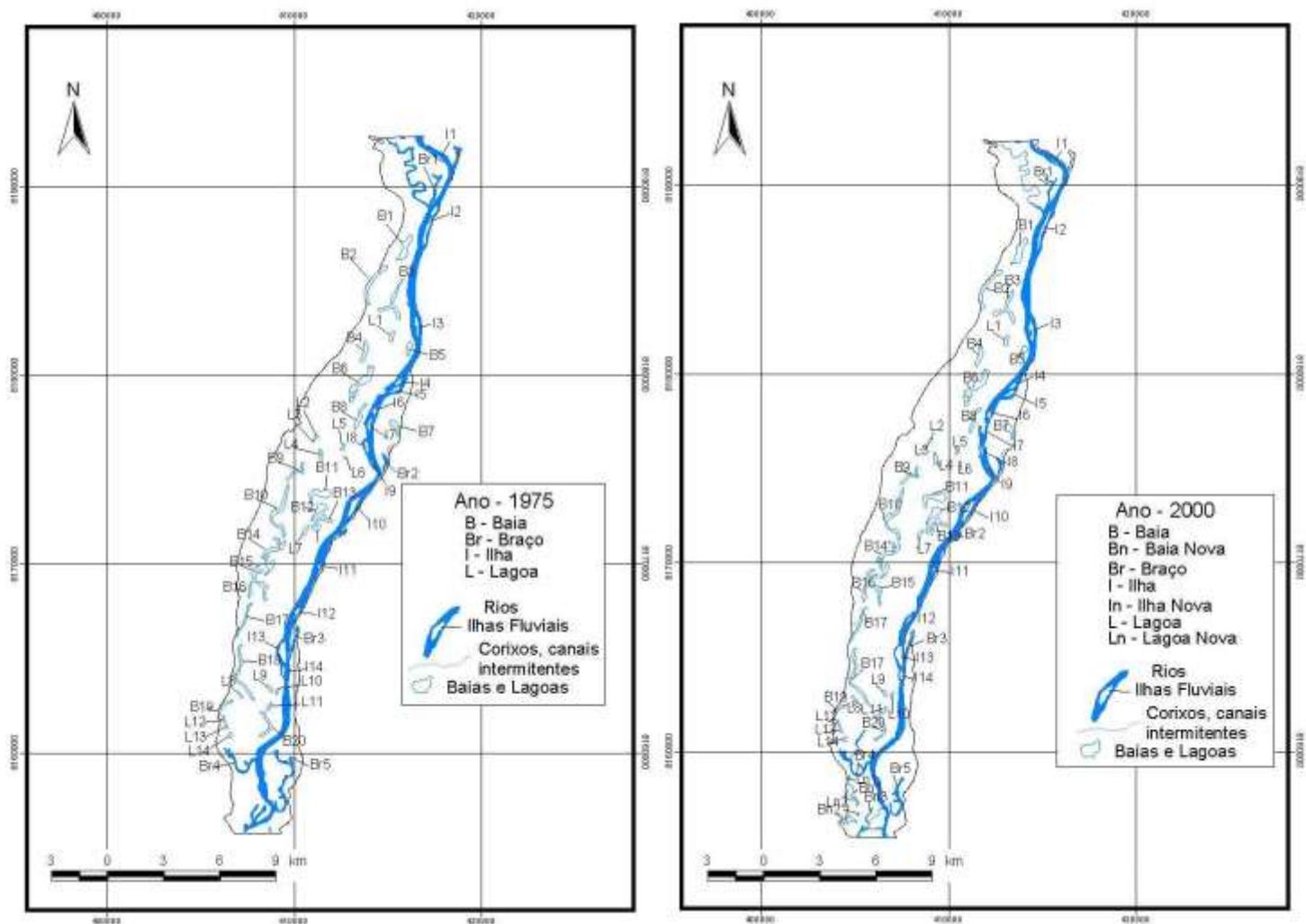


Figura 4 – Mudanças nas feições morfológicas (1975 e 2000), no compartimento II, no corredor fluvial.

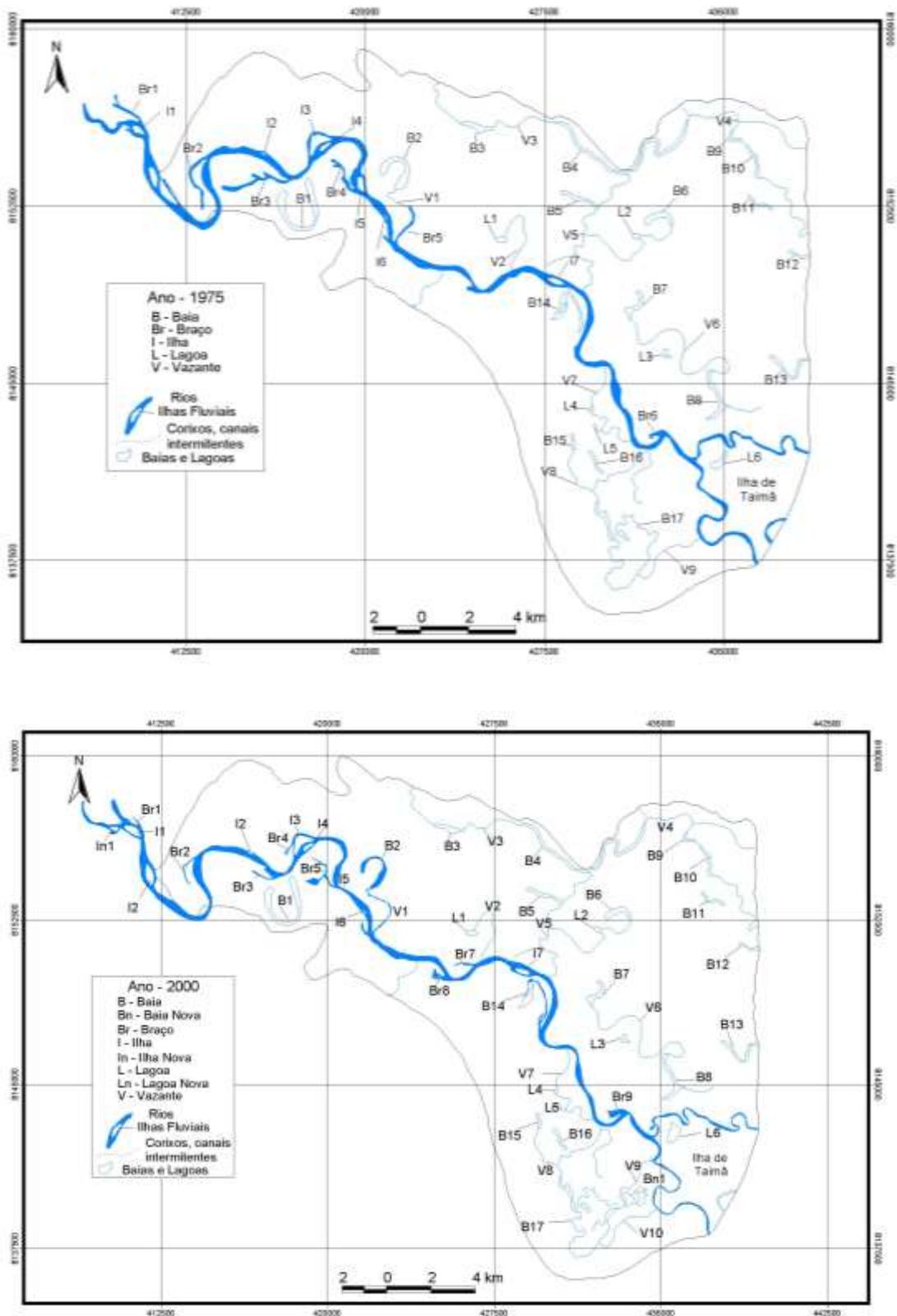


Figura 5 – Mudanças nas feições morfológicas (1975 e 2000), no compartimento III.

Apesar de toda complexidade da dinâmica do corredor fluvial, observou-se pouca alteração nas feições morfológica, durante o período de vinte e seis anos. No mapeamento realizado em 2000, na imagem de satélite, apresentaram-se as seguintes feições morfológicas: as 17 baías já existentes em 1975, mantiveram-se as 6 lagoas existentes em 1975, permaneceram os 06 braços existentes e surgiram 03 novos braços, as 09 vazantes já diagnosticadas permaneceram e surgiu 1 nova vazante e as 08 ilhas fluviais permaneceram (Figura 5 e Tabela 2).

O cruzamento das informações, obtidas no período de 1975 e 2000, apresentou certa estabilidade neste compartimento. Vale lembrar que, nesta análise, delimitou-se uma parte da planície de inundação mais próxima ao canal, e que trata-se do pantanal com áreas alagadas, ou sujeitas a inundação em um período do ano.

Devido à sua própria posição no compartimento III, as baías e lagoas não sofrem influência direta da dinâmica de cheia do rio Paraguai. Somente L6 alterou sua área (Tabela 9). Registrou perda de área em duas ilhas fluviais I1 e I2, essa perda de área variou de 0,01 a 0,05 km<sup>2</sup> (Tabela 5).

## **5.2. Mudanças espaço-temporais no canal fluvial**

O ajustamento do canal lateral pode estar vinculado à própria dinâmica (erosão, transporte e deposição de sedimentos) e aos condicionantes ambientais (clima, declividade do terreno, geologia, tipo de solo e vegetação) da planície de inundação.

Essas mudanças laterais no canal resultam de: alteração na direção do fluxo; surgimento de novos braços e furados; alargamento do canal, em resposta ao acúmulo de sedimentos no leito, o que diminui a profundidade; progressiva transferência de curva de meandro; e transferência da vazão do canal principal para canais secundários, os “furados”.

As mudanças progressivas são responsáveis pela diminuição do meandramento do canal (sinuosidade de 2.20 em 1975, decrescendo para 1.9 em 2000), devido ao rompimento do colo do meandro pela erosão lateral, ou pela transferência de direção dos bancos de areias, configurando-se, assim, um novo ajustamento espacial do canal.

As análises comparativas dos dois diferentes períodos indicaram consideráveis mudanças no canal fluvial. Tais alterações ocorreram, principalmente, devido ao trabalho do rio, ou seja, intensa atividade erosiva e capacidade de transporte, que

alteram-se no período de cheias e estiagem, contribuindo para deposição de grande quantidade de sedimentos no leito e nas margens.

As migrações ocorridas no rio principal e a abertura de um novo canal podem estar relacionadas ao aumento do débito anual ou plurianual, provocando aceleração do processo erosivo e deposição de sedimentos, que contribuem para o ajustamento do canal e tornam alguns canais principais em secundários. A abertura do novo canal provoca diminuição na descarga do antigo canal, diminuindo sua capacidade e competência de transporte, aumentando a deposição de sedimentos no fundo e nas margens.

Os tipos de mudanças laterais observadas foram agrupados em duas categorias: (a) alterações resultantes da transferência do canal devida ao rompimento do colo do meandro; (b) a migração lateral do canal devido à erosão das margens ou à deposição de sedimentos, que formam bancos e diques marginais.

### **5.2.1. Compartimento I**

Notam-se alguns ajustamentos no canal fluvial, tais como: aumento da largura do canal em alguns pontos, fato este relacionado, principalmente, à erosão das margens; diminuição da largura do canal vinculada à deposição de sedimentos e evolução de alguns pontos do colo do meandro que, inicialmente, formam pequenos canais e evoluem, em muitos casos, para canal principal. A interação entre o nível de flutuação do fluxo (que diminui o antigo canal e a deposição de sedimentos, faz com que aconteça assoreamento no antigo canal).

#### **5.2.1.1. Transferência do canal devido ao rompimento do colo do meandro**

A análise temporal realizada no canal fluvial, nos anos de 1975 e 2000, possibilitou diagnosticar algumas mudanças laterais, tais como o rompimento de colo de meandro e o aparecimento de um novo canal, em alguns trechos do compartimento I. A ação erosiva em duas frentes proporcionou a abertura de pequenos canais, conhecidos como furados. No decorrer dos 26 anos, alguns furados evoluíram e formaram o canal principal.

A adaptação do rio, no período de 1975 a 2000, proporcionou alteração na disposição do canal, em alguns pontos. Foram diagnosticados quatro segmentos, em que houve a abertura de um novo canal, que evoluiu para canal principal (Figura 6).

No 1º trecho, o novo canal apresenta-se em processo de evolução e encontra-se mais estreito do que o canal principal. Com a abertura do canal, verificam-se mudanças laterais de aproximadamente 2 km no canal fluvial, no sentido leste para oeste, além de redução na extensão do canal (de 4,5 para 1,2 km).

No 2º trecho, ocorreu o entalhamento de um novo canal fluvial, refletindo o potencial erosivo, bem como a evolução intensa do canal secundário, em termos de largura e profundidade, propiciando seu estabelecimento como canal principal, em 2000. O surgimento do novo canal principal contribuiu para uma redução de 5,8 para 3,3 km na extensão do canal, neste segmento, ocorrendo ainda o ajustamento no canal, no sentido oeste para leste.

No 3º trecho, as características do ambiente, vinculadas à capacidade de erosão, contribuíram para o rompimento do colo do meandro, criando um novo canal fluvial que, no decorrer dos anos, estabeleceu-se como canal principal. Estima-se que houve redução do canal de 5,9 para 1,1 km de extensão e observa-se uma evolução lateral do canal no sentido leste para oeste.

No 4º trecho, as alterações indicam o rompimento do colo do meandro, transformando o canal principal em secundário no decorrer de 26 anos. Este comportamento possibilitou uma redução de 3,5 para 1,0 km na extensão do canal, permitindo, também, o ajustamento do canal no sentido leste para oeste (Tabela 6).

Ao longo do perfil longitudinal, no compartimento I, durante o período de 1975 a 2000, estabeleceu-se a emigração do canal no sentido oeste para leste.

#### **5.2.1.2. Migração lateral**

Estima-se que a migração lateral no compartimento I, no período de 26 anos, variou de 0 a 6,0 m, apresentando instabilidade no canal. A magnitude dessa erosão pode estar relacionada à variabilidade temporal e espacial da vazão, além de outras características ambientais como o tipo de solo, declividade da planície, vegetação e geologia.

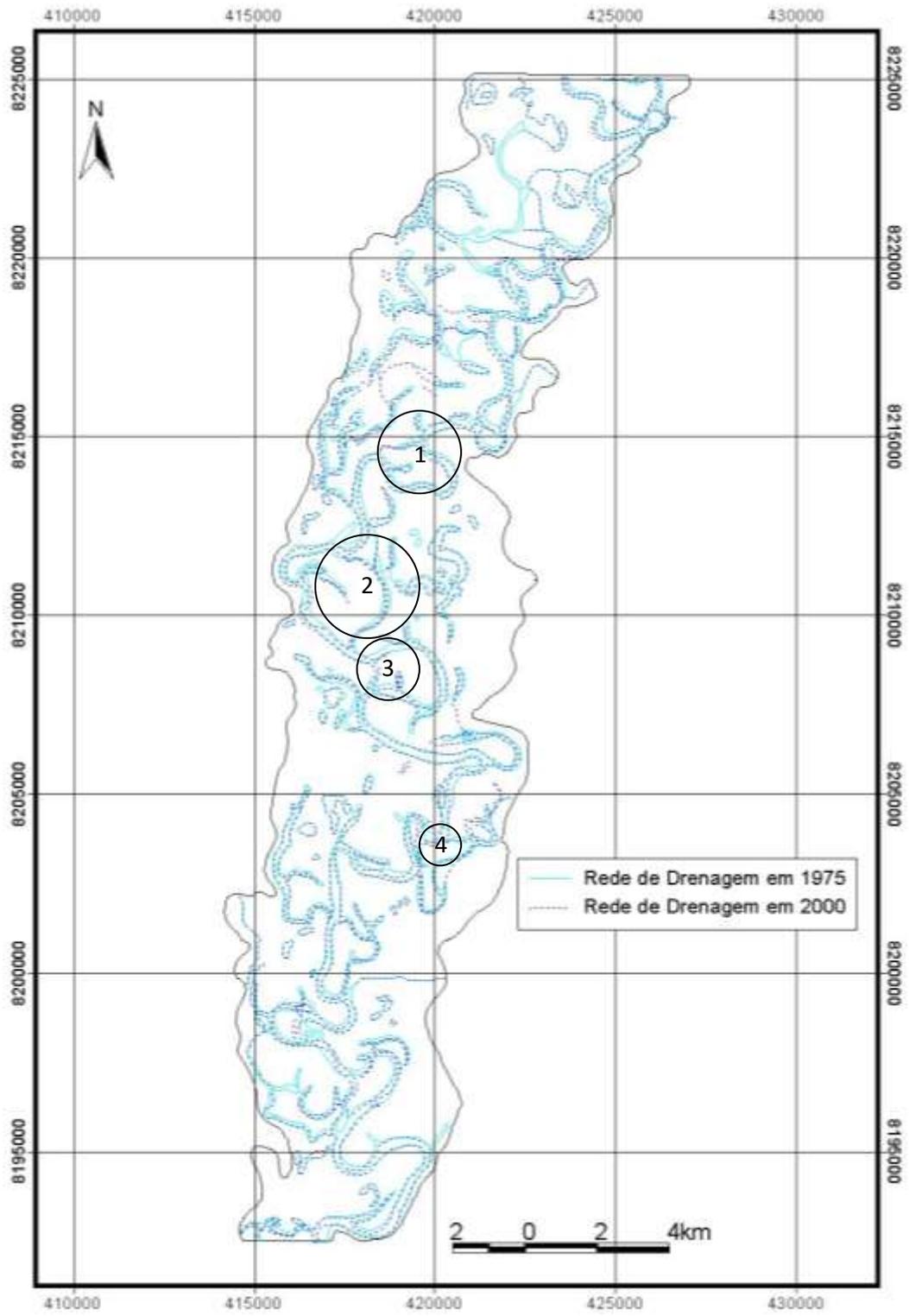


Figura 6 – Migração lateral do canal fluvial no compartimento I.

Tabela 6 – Mudanças na extensão do canal nos segmentos que rompeu o colo do meandro

Compartimento	Trecho	Extensão (km)	
		1975	2000
I	1	4,5	1,2
I	2	5,8	3,3
I	3	5,9	1,1
I	4	3,5	1,0
II	1	5,6	2,1

A erosão intensa e as deposições de sedimentos contribuíram tanto para mudar a dimensão do canal quanto para a migração lateral, formando novo realinhamento no canal, em alguns pontos, ao longo do perfil longitudinal.

### 5.2.2. Compartimento II

Neste compartimento, o tipo de canal retilíneo contribuiu para diferenciá-lo dos demais. Em sua margem esquerda do rio, a Província Serrana exerce mecanismo de controle geológico-estrutural sobre a configuração espacial do canal.

Em vários trechos deste compartimento, especificamente na margem esquerda, ocorre afloramento de rochas (arenitos) e conglomerados do Quaternário, mantendo a estabilidade no canal, constituindo obstáculo à migração lateral da calha no sentido oeste para leste. Analisando as alterações laterais, observa-se que o processo de erosão foi intenso na margem direita, devido às próprias características do material sedimentar da margem.

Observa-se, no limite entre os compartimentos II e III, o rompimento do colo do meandro, o que contribuiu para o surgimento de um novo canal evoluindo para canal principal. Estima-se que a extensão do canal reduziu de 5.6 para 2.1 km, mediante o processo de ajuste lateral no sentido oeste para leste (Figura 7).

Neste compartimento, o aumento na dimensão da calha pode estar relacionado à erosão na margem direita do rio e ao aumento dos sedimentos de fundo, considerando-se que o rio Juru contribui com grande quantidade de sedimentos cerca de 2830 t/dia de carga sólida (PCPAP, 1997). Nas observações de campo, durante o período de estiagem, constataram-se bancos de areia na calha e dragagem dos sedimentos de fundo.

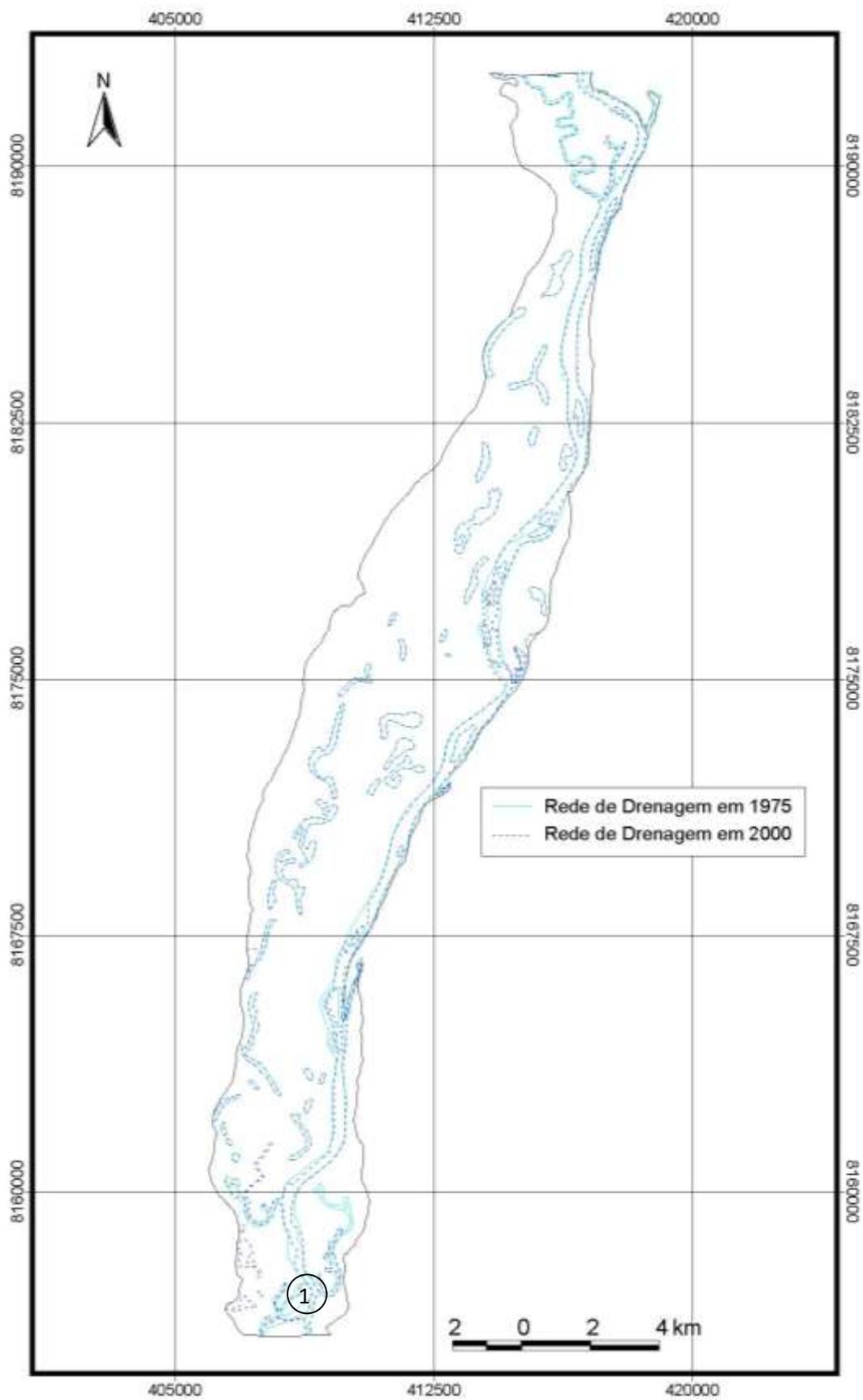


Figura 7 – Migração lateral do canal fluvial no Compartimento II.

### 5.2.3. Compartimento III

No compartimento III, correspondente ao pantanal, quase totalmente alagado ou sujeito à inundação, a maioria dos afluentes deságua na planície de inundação ou em lagoas e baías, restringindo o volume de água e sedimentos que chegam a calha. Portanto, o ajustamento lateral do canal advém da descarga líquida e sólida transportada pelo próprio rio.

Ao correlacionar as informações referentes ao período de 1975 e 2000, verificou-se que a erosão lateral e a nova adaptação do canal ocorreram no sentido sul – norte e nas curvas dos meandros de oeste para leste (Figura 8). Ao alcançar a ilha de Taiamã, ocorre bifurcação do rio Bracinho e rio Paraguai, sendo observada uma redução na largura e imigração no sentido Sul-Norte, nos dois canais.

Neste compartimento, não foi diagnosticado rompimento de colo de meandro, possivelmente em razão da dinâmica da calha e pelo fato de o rio não formar grandes curvas de meandros neste trecho.

A análise dos dados referentes à extensão do canal fluvial, nos compartimentos I, II e III, no período de 1975 e 2000, mostrou alterações expressivas na extensão do canal. No compartimento I, a extensão do canal era de 70 km em 1975, passando para 56,9 km, ocorrendo uma redução de 18,71%. No compartimento II, a extensão do canal era de 41 km em 1975, diminuindo para 37,5 km, ou seja, houve uma redução de 8,54% na extensão do canal fluvial. No compartimento III, o canal manteve a extensão de 61 km em 2000, correspondente ao ano de 1975.

Portanto, ressalta-se que o ajustamento espacial do corredor fluvial, observado na escala temporal, está relacionado diretamente à descarga (líquida e sólida) e à capacidade de transporte de sedimentos. As oscilações nos níveis dos fluxos são propícias à erosão e deposição de sedimentos. Outros elementos também contribuem para esta dinâmica, isto é, o clima, vegetação, tipo de solo, declividade do terreno, geologia, dentre outros.

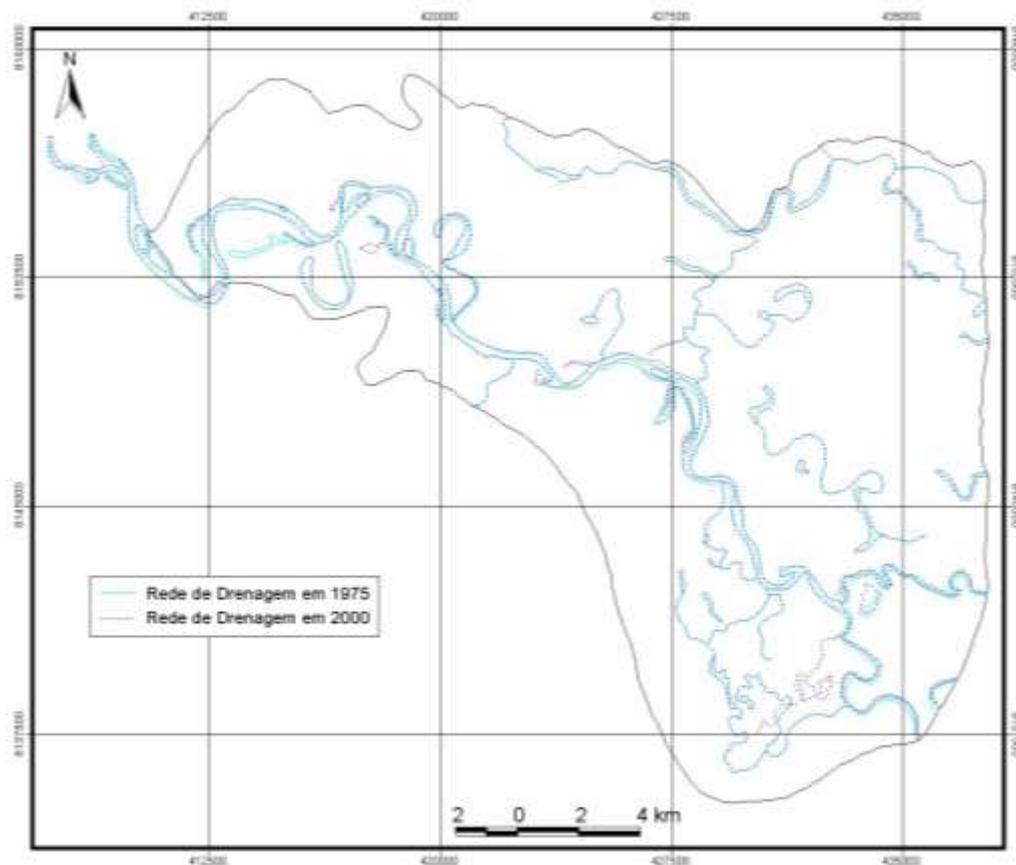


Figura 8 – Migração lateral do canal fluvial no compartimento III.

## 6. CONSIDERAÇÕES

As mudanças no canal, como a diminuição da extensão e ajustamento lateral, e as alterações nas feições morfológicas, durante o período de 26 anos (1975 a 2000) nos três compartimentos, estão associadas às características ambientais (clima, geologia, declividade, tipo de solo e ação humana) e à própria dinâmica do corredor fluvial, em termos de oscilação do nível de água, que favorece a erosão das margens, diminuição na capacidade de transporte de sedimentos e a deposição de sedimentos na calha e na planície.

A sobreposição dos esboços referentes ao período de 1975 a 2000 possibilitou diagnosticar várias mudanças nas feições morfológicas, tais como a junção de baías e lagoas, ou de baía com baía, originando o “furado”; surgimento de novas lagoas e baías, sendo que essas novas baías, originaram-se do rompimento do braço com canal principal; diminuição ou aumento no tamanho de lagoas e baías, sendo que as

diminuições no tamanho estão relacionadas à sedimentação e ao aumento nas dimensões estão relacionados ao processo de erosão; o desaparecimento de lagoas, que pode estar relacionado à colmatação; e o aparecimento de novas ilhas fluviais, resultante do rompimento do colo do meandro dando origem aos furados. Vale ressaltar que as alterações mais expressivas das feições morfológicas ocorreram no compartimento I.

A análise temporal constatou mudanças na posição do canal e sua nova adaptação na planície, além da diminuição na extensão do canal, nos compartimentos I e II. As alterações espaciais resultam das atividades laterais e do rompimento do colo de meandros, associados aos mecanismos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, que contribuíram para diminuição da sinuosidade do canal fluvial.

O estudo mostrou que a instabilidade da calha ultrapassa os limites do leito menor (calha), atingindo o leito maior (calha e planície). Este comportamento da drenagem relaciona-se a alguns fatores básicos de entrada no sistema, tais como a alimentação do curso d'água pela descarga líquida e sólida e as características dos sedimentos.

A migração lateral do canal ocorreu ao longo do perfil longitudinal. Nos três compartimentos morfológicos, essa migração ocorreu no sentido leste para oeste, de oeste para leste, de sudoeste para sudeste e de sudeste para sudoeste, aproveitando as facilidades encontradas devido à baixa declividade da planície, que mantém-se quase totalmente no mesmo nível altímetro, com pequenas variações de metros em alguns pontos.

As mudanças na extensão do canal estão relacionadas à redução na sinuosidade do canal, vinculada ao rompimento do colo do meandro, resultando no aparecimento de novos canais, no realinhamento do canal devido à erosão das margens, bem como ao processo de deposição de sedimentos grosseiros, que obstruem parte do canal, originando novas baías e diminuindo a extensão do canal.

Considerando que as mudanças expressivas na calha e nas feições morfológicas ocorreram no compartimento I, sugere-se que, ao propor qualquer tipo de uso direto ou indireto neste trecho, seja considerada a dinâmica fluvial do mesmo.

As embarcações de grande porte, ou seja, os comboios que transportam cereais, dentre eles a soja, teriam que diminuir o número de chatas, no período de estiagem, para evitar a remoção de sedimentos das margens.

Do exposto, ressalta-se a necessidade de se promover junto ao poder público da cidade de Cáceres e a comunidade, o cumprimento da Lei 7.803 de 1989, que define a área de preservação das matas ciliares.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CARVALHO, N. de O. (1995). **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 372 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). **Geomorfologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 66-101.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1981). **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 313 p.
- CÓDIGO Florestal (1989). Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965, alterado pela Lei 7.803, de 15 setembro de 1989.
- COELHO NETTO, A. L. (1996). Hidrologia na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, p. 93-148.
- CUNHA, S. B. (1998). Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand do Brasil, p. 229-265.
- EBISEMIJU, F. S. (1991). The response of headwater stream channels to urbanization in the humid tropics. **Hidrological Processes**, Inglaterra, v. 3, p.237-253.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. (1996). **ArcView GIS**. New York: The Geographic Information System for everyone.
- FERNANDEZ, O. V. Q. (1990). **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão nas margens**: Região de Porto Rico, PR. Dissertação de Mestrado, UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Naturais. Rio Claro. 85 p.
- FONTES, L.C.S. (2002). **Erosão marginal no baixo curso do Rio São Francisco**: um estudo de caso de impactos geomorfológicos à jusante de grandes barragens. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Universidade Federal de Sergipe, 249 p.
- GOSWAMI, U.; SARMA, J. N.; PATGIRI, A. D. (1999). River channel changes of the subansiri in Assam, Índia. **Geomorphology**, v. 30, p. 227-244.
- GREGORY, K. J. (1987). **River channel changes**. Chichester: John Wiley and Sons, p. 275-292.
- GUIMARÃES, G.; ALMEIDA, L. F. G. (1969). **Projeto Cuiabá**. Relatório final. Cuiabá: DNPM, p. 10-21.

HAMMER, T. R. (1972). Stream channel enlargement due to urbanization. **Water Resources Research**, v. 8, p. 1530-1540.

HOOKE, J. M. (1979). An analysis of the processes of river bank erosion. **Journal of Hydrology**, v. 42, p. 39-62.

LAWLER, D. M. (1993). The measurement of bank erosion and lateral channel change: a Review. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 18, p. 777-821.

LUZ, J. S. et al. (1978). **Projeto Província Serrana**. Relatório final do Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral – Convênio DNPM/CPRM. Goiânia, 105 p.

MORAIS, R.P. (2002). **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (MT) até a Foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no período entre as décadas de 60 e 90**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, 176 p.

PCBAP (1997). Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – Projeto Pantanal. **Hidrossedimentologia do Alto Paraguai**. Programa Nacional do Meio Ambiente. V. II. Brasília: PNMA. Vol.II, Tomo II-B, 699 p.

PENTEADO, M. M. (1974). **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 158 p.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 21 Cuiabá, Rio de Janeiro, 448 p.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 20 Corumbá, Rio de Janeiro, 448 p.

RELATÓRIO Técnico. (1972). **Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai**. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 284 p.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C; MANCINI, F. (2000). Rios e processos aluviais. In: **Decifrando a Terra**. São Paulo, p. 191-210.

ROCHA, P. C. (1996). **Erosão marginal em canais associados ao rio Paraná, na região de Porto Rico-PR**. Tese de Mestrado. Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais UEM. Maringá, 29 p.

ROCHA, P. C. (2002). **Dinâmica dos canais fluviais no sistema Rio - Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais UEM. Maringá. 169 p.

SEPLAN. (2000). **Zoneamento sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso** – Projeto de desenvolvimento agroambiental do Estado de Mato Grosso. Cuiabá-MT: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN), 121 p.

SOUZA, C. A. (1998). **Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga MT**: Avaliação da dinâmica atual. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. (1990). **Ambientes fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC/UFPR, 183 p.

SUMMERFIELD, M. A. (1991). **Global geomorphology**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 537 p.

THORNE, C. R. (1978). **Processes of bank erosion in river channels**. Unpublished Ph.D. thesis. UEA, Norwich, UK: School of Environmental Sciences, 447 p.

THORNE, C. R.; TOVEY, N. K. (1981). Stability of composite river banks. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 6. p. 469-484.

WOLMAN, M. G. (1967). A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geographical Annular**, v. 49, p.385-395 (serie A).

## DINÂMICA DAS MARGENS DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ -MT

**RESUMO:** A dinâmica das margens do corredor fluvial entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã foi estudada, avaliando-se a erosão acumulada em dezessete seções, durante um período de onze meses (setembro de 2001 a agosto de 2002). Os dados de erosão acumulada do solo foram associados a alguns atributos das margens, tais como a composição do solo na face da margem (granulometria, densidade aparente e teor de matéria orgânica), altura do barranco, oscilação do nível da água no do rio e alternância no nível de vazão (mensal).

Palavras-chave: dinâmica, margens, erosão, acumulada.

**ABSTRACT:** The dynamics of the margins in the fluvial corridor between Cáceres county and the Taiamã Island Ecological Station was studied, by evaluating the accumulated erosion in seventeen sections, during 1-year period (September 2001 to August 2002) The data of the accumulated soil erosion were associated to some attributes of the margins, such as the composition of the soil at the margin face (grain size, apparent density, and organic matter content), gully height, oscillation in the river water level, and alternation in the monthly flow rate.

Keywords: dynamics, margin, erosion, accumulated.

### 1. INTRODUÇÃO

Os canais fluviais são dinâmicos, pois, envolvem mecanismos de remoção de materiais, alterando suas margens, devido, principalmente, aos processos erosivos.

O fenômeno de alargamento dos canais fluviais é provocado pelos processos de erosão das margens que estão entre os elementos mais dinâmicos dos canais fluviais. O entendimento sobre seu mecanismo de atuação e a quantificação da magnitude é importante para compreender a evolução dos diversos elementos da dinâmica fluvial.

O monitoramento da erosão das margens tem sua importância social como prevenção de desmoronamentos de barracos em áreas urbanizadas, bem como importância econômica, evitando a perda de terrenos em áreas rurais e urbanas, além de mostrar a dinâmica do canal em termos de erosão.

Nesta etapa, analisou-se a dinâmica das margens, medindo a erosão acumulada das mesmas, em algumas seções ao longo do perfil longitudinal, por meio da aplicação de técnicas adequadas como o pino de erosão, estacas e mastro da Marinha. Outros atributos que interferem na dinâmica das margens foram estudados, como o material (textura, densidade aparente e teor de matéria orgânica), as características da margem (altura e tipo do barranco) e vazão.

O método dos pinos foi, amplamente, revisado pelos pesquisadores WOLMAN (1959), TWIDALE (1964), LEOPOLD et al. (1966), HILL (1973), KNIGHTON (1973), HOOKE (1980), LAWLER (1987), ROCHA (1995), FERNANDEZ (1990, 1995), CUNHA (1996), SOUZA (1998), dentre outros. Foi adaptado, no Brasil, por FERNANDEZ (1990) e por SOUZA (1998) para rios tropicais.

O método dos pinos é a alternativa mais usada para medição da erosão, nas margens dos canais. Consiste na colocação de pinos, ou pregos, em alguns pontos das margens, sendo o recuo medido pelo grau de exposição dos pinos ou pregos. FERNANDEZ (1990) e SOUZA (1998) propõem algumas modificações neste método, para adequá-lo às características dos rios brasileiros (rios tropicais), tais como comprimento, diâmetro, tipo de material do pino, distribuição espacial, dentre outros. As alterações propostas baseiam-se no tipo e magnitude dos processos erosivos atuantes nas margens.

O estudo objetivou verificar a dinâmica da margem, através da avaliação da erosão acumulada em dezessete seções, durante o período de um ano (setembro de 2001 a agosto de 2002), comparando o grau da erosão aos atributos das margens.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

A área estudada corresponde à planície de inundação do alto curso do rio Paraguai, no trecho entre Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT, entre as coordenadas geográficas 16° 00' a 17° 00' de latitude Sul e 57° 30' a 58° 00' de longitude Oeste, no ecossistema pantaneiro, onde as cotas altimétricas variam de 90 a 120 m (Figura 1).

O levantamento dos aspectos geomorfológicos do segmento em estudo foi importante para o entendimento da dinâmica de erosão das margens, em cada um dos três compartimentos, principalmente considerando-se a baixa declividade do terreno no entorno, contribuindo para inundação periódica, além de ser uma área receptora de água e sedimentos.

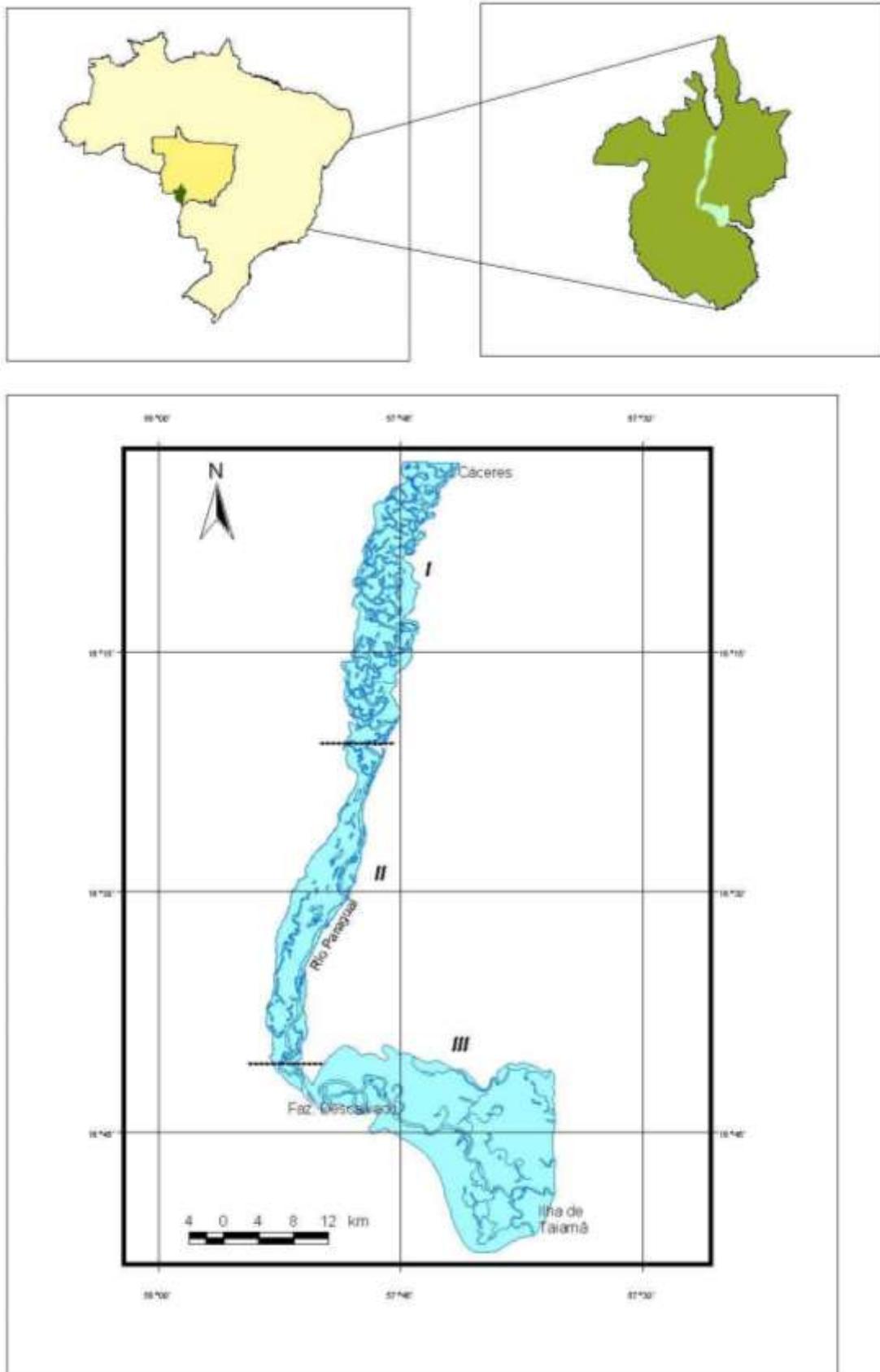


Figura 1 – O corredor fluvial do rio Paraguri entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taimã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres.

A intensidade da erosão das margens pode estar, também, relacionada à geologia local, principalmente tratando-se da Formação Pantanal (sedimentos do Quaternário), onde ocorreram vários períodos de deposição. A permeabilidade desses sedimentos que afloram nas margens, dependente de sua natureza mais fina ou mais grosseira, dificulta ou ajuda a acelerar a erosão nas margens.

O canal e planície encontram-se na depressão do alto rio Paraguai, possuindo um complexo sistema condicionado pela vasta planície sedimentar com inundações periódicas e de topografia plana. A geologia regional pode influenciar o tipo de drenagem, nos compartimentos estudados. O primeiro compartimento encontra-se nos sedimentos da Formação Pantanal, apresenta pouco controle estrutural, sendo que o padrão de drenagem é meandrante; no segundo compartimento, devido às serras na margem esquerda do canal, ocorre um forte controle estrutural, o qual torna o rio retilíneo, sendo observados afloramentos rochosos de arenito em alguns trechos do rio; no terceiro compartimento, o rio muda a direção norte-sul para oeste-sudeste, tornando-se, novamente, meandrante e aumentando a planície de inundação. Os sedimentos próximos ao canal, no primeiro e terceiro compartimentos, são constituídos de depósitos do Quaternário - Cenozóico e sedimentos recentes, enquanto o segundo compartimento é constituído de pacotes rochosos do Paleozóico-Cambriano, depósitos do Quaternário - Cenozóico e sedimentos recentes.

Os tipos de solo presentes ao longo do corredor fluvial são caracterizados como solos de áreas alagadas ou sujeitas à inundação periódica. São ambientes de drenagem que, por ocasião das cheias, sempre recebem material, formando solos em camadas, onde os fatores de formação não tiveram tempo suficiente para promover o desenvolvimento de horizontes como a seqüência do tipo A, B e C. A condição incipiente na sua formação tem grande influência sobre sua instabilidade aos processos erosivos.

As características da planície promovem inundação diferenciada no corredor fluvial, devido à altura do nível da água e o tempo (meses) em que a planície permanece alagada. Assim é possível o desenvolvimento de vários tipos de formação vegetal. De acordo com estudos realizados pelo Projeto RADAMBRASIL (1982), ocorrem as seguintes formações vegetais: Contato Floresta Estacional/Savana, Savana-Parque Associada a Áreas Pantanais, Formações Justafluviais, Savana Florestada, Floresta Aluvial e Savana Arborizada com Floresta Galeria.

No corredor fluvial, o rio Paraguai percorre uma área plana e sujeita à inundação periódica, onde destacam-se algumas feições peculiares como baías, lagoas, vazantes,

corixos e furados. Possui vários afluentes de pequeno porte à margem esquerda. Seu principal afluente é o rio Jauru, contribuinte de água e sedimentos.

A área apresenta os maiores índices de precipitação em dezembro-janeiro e dois períodos bem definidos em termos de precipitação: época de chuvas intensas (outubro a março) e período de estiagem (abril a setembro). As precipitações diárias estão sujeitas a flutuações, no decorrer de um mês; por exemplo, nos meses de janeiro e dezembro, as máximas diárias de precipitação, em alguns dias, ultrapassaram 50 mm, situação esta típica de região que possui regimes de precipitações tropicais.

Na maioria das vezes, os afluentes não alcançam o canal principal, enquanto alguns pequenos cursos d'água drenam nas áreas sujeitas à inundação, desaguando em baías e lagoas, ou espalhando-se na planície, contribuindo para a formação da área de Pantanal. A baixa declividade na foz dos tributários do rio Paraguai dificulta o escoamento, ampliando a planície de inundação. Seu principal afluente é rio Jauru, contribuinte de água e sedimentos.

A intensidade da erosão marginal no corredor fluvial está relacionada ao volume de vazão e à permanência de solos inundados. O volume de água provoca contínua variação no nível do rio, favorecendo a erosão das margens, a partir da atuação das forças de origem fluvial, representadas por ondas e correntes, sobre os materiais das margens. As características dos solos hidromórficos contribuem para a propagação da inundação periódica.

A inundação provoca saturação dos solos e causa a perda da coesão aparente dos mesmos, condicionando o desmoronamento em blocos. O ressecamento dos sedimentos, principalmente nos solos argilosos, inicia um processo de formação de gretas de contração na face e no topo das margens.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. Composição das margens**

Em condições naturais, as partículas de solo estão arranjadas de forma ordenada, dando origem aos agregados, que formam a estrutura do solo. TOMÉ JR. (1997) relata que a agregação das partículas de argilas é possível, devido à neutralização de suas cargas negativas superficiais pelas cargas positivas de alguns cátions. A matéria orgânica no

estado coloidal e macromoléculas, formadas durante a decomposição de restos orgânicos atuam como agente cimentante entre as partículas, proporcionando, aos solos, teores mais elevados de matéria orgânica, que constituem agregados mais estáveis.

### **3.1.1. Granulometria dos sedimentos**

A análise granulométrica, segundo TOMÉ JR. (1997), consiste em determinar a distribuição, por tamanho de partículas, dos diversos minerais existentes no solo, permitindo enquadrar o solo em uma determinada classe textural. SUGUIO (1973) argumenta que a análise granulométrica permite caracterizar e classificar os sedimentos das margens, bem como correlacioná-los aos processos erosivos atuantes. Através de tratamentos estatísticos adequados, fornece informações sobre o transporte e deposição de sedimentos. Para RESENDE et al. (1992), a granulometria dos sedimentos pode influenciar os aspectos pedológicos referentes a sustentabilidade à erosão.

Os fatores que condicionam a erosão das margens fluviais são numerosos, destacando-se: a granulometria dos sedimentos, a geometria e a estrutura do barranco, as propriedades mecânicas do material, as características hidrodinâmicas do fluxo, nas proximidades das margens e as condições climáticas (THORNE e TOVEY, 1981).

RESENDE et al. (1992) acrescentam ainda que, nos ambientes fluviais, a areia fina e o silte favorecem a erosão por facilitarem o encrostamento e podem ser facilmente transportados. Entretanto, as partículas grosseiras, tais como os cascalhos e, até mesmo, areia grossa e a argila restringem a erosão.

A influência da classe de sedimentos sobre a retenção de água é estudada por alguns pesquisadores. CERQUEIRA et al. (1992) observaram que os materiais arenosos mais finos, apresentando pior grau de seleção e de forma que otimizem o contato face a face das partículas, aumentam a quantidade de água retida, contribuindo, portanto, para diminuir a atuação dos processos erosivos no período chuvoso, e formação de fendas no solo no período de estiagem.

### **3.1.2. Densidade aparente**

As densidades aparentes são expressas em gramas por centímetros cúbicos, quilogramas por litros, toneladas por metros cúbicos. A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo adota gramas por centímetros cúbicos. As amplitudes de variação das densidades aparentes situam-se entre os seguintes limites médios: solos argilosos, de 1,00 a 1,25 g/cm<sup>3</sup>; e solos arenosos, de 1,25 a 140 g/cm<sup>3</sup> (KIEHL, 1979).

A densidade aparente e o teor de matéria relacionam-se entre si, pois, à medida que o teor de matéria orgânica no solo diminui a ruptura dos agregados aumenta. A densidade aparente é um fator controlador, relacionado ao grau de compactação dos solos, além de facilitar a compreensão dos processos erosivos (GUERRA, 1996).

### **3.1.3. Teor de matéria orgânica**

Nos solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica é importante quanto ao fornecimento de nutrientes, retenção de cátions, estabilidade da estrutura, infiltração e retenção de água, aeração e atividade microbiana. A principal característica do solo afetado pela matéria orgânica é a agregação. A partir do efeito desta sobre a agregação do solo, são afetadas indiretamente, outras características físicas como densidade, porosidade, aeração, capacidade de retenção e infiltração (BAYER e MIELNICZUK, 1999).

A matéria orgânica aumenta a estabilidade dos agregados. Em solos com baixo teor de matéria orgânica, os agregados possuem menor resistência, o que os torna mais suscetíveis à erosão (MIELNICZUK, 1999).

Há publicações que adotam alguns critérios para avaliar a matéria orgânica a partir do carbono (%). TOMÉ JR. (1997) sugere os seguintes valores, para interpretar os resultados: abaixo de 1,54% - baixo teor de matéria orgânica; entre 1,54 a 2,69 % - médio teor de matéria orgânica; e acima de 2,69 % - alto teor de matéria orgânica.

## **3.2. Erosão fluvial**

As águas correntes provocam erosão no leito dos rios, através dos mecanismos de corrosão e corrasão, bem como pelo impacto hidráulico.

Para CHRISTOFOLETTI (1981), as mudanças nas formas do canal resultam da interação entre a força do fluxo e a resistência do material. À medida que se eleva o

nível das águas, ocorre aumento da velocidade e da força de cisalhamento, possibilitando que as forças erosivas atuem sobre o material sedimentar do leito e das margens.

A contínua variação no nível das águas dos rios é considerada qualitativamente, como um dos fatores mais importantes na erosão das margens, porque controla a atuação das forças de origem fluvial sobre os materiais das margens, sendo representada pelas ondas e correntes (FERNANDEZ, 1990).

Erosão fluvial é a erosão causada pelas águas dos rios, principalmente na época de cheias, podendo, em alguns casos, ocasionar a destruição das margens por desmoronamento ou escorregamento. GUIDICINI e NIEBLE (1983) definem este termo como sendo qualquer movimento coletivo de materiais terrosos.

A corrosão é o intemperismo químico dos minerais em contato com o fluxo de água e a remoção, em solução, dos sedimentos para jusante. Os principais fatores controladores das taxas de erosão são a composição mineralógica do material das margens e de fundo (rochas e solos), a declividade do terreno e a velocidade e descarga do fluxo. O segundo mecanismo é a corrasão, ou abrasão, que consiste no desgaste ou deslocamento das rochas pelas partículas transportadas no fluxo da corrente. O efeito abrasivo depende da concentração, dureza e energia cinética do impacto das partículas, além da resistência da rocha. A corrasão tende a reduzir a rugosidade do leito. O último mecanismo envolve ações hidráulicas, que correspondem aos movimentos isolados de água. Acontece através do deslocamento completo dos fragmentos de rochas, pelas forças de movimento da água (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O desmoronamento das margens fluviais ocorre de dois modos, ou seja, pelo desmoronamento por cisalhamento e pelo desmoronamento por basculamento. O desmoronamento por cisalhamento ocorre durante o processo de solapamento na base, em que o excesso de peso na parte superior do barranco promove o desmoronamento em bloco. O desmoronamento por basculamento está relacionado às fendas existentes na face do barranco (SIMON, 1995).

A erosão fluvial depende de fatores como a velocidade e turbulência do fluxo, do volume do fluxo e das partículas transportadas nas águas dos rios. Na maioria dos rios, o fluxo aumenta para jusante, assim como sua carga. Quando o fluxo diminui, ocorre a deposição.

### **3.3. Erosão de margem**

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1981), as formas do canal e das margens refletem o ajustamento aos débitos, considerando que a forma do canal resulta da ação do fluxo sobre os materiais componentes, no leito e nas margens. O pesquisador afirma que as dimensões do canal são controladas pelo equilíbrio entre as forças erosivas de entalhamento e os processos agradacionais, depositando material no leito e nas margens.

Para HOOKE (1979), a evolução da erosão marginal acontece em curto período de tempo, comparativamente a muitos outros processos geomorfológicos, mostrando, assim, a importância de conhecimentos sobre o grau da erosão marginal, a fim de possibilitar um planejamento adequado, quanto ao uso das margens.

Segundo THORNE e TOVEY (1981) o processo de erosão é considerado importante na definição da morfologia da margem, associado a outros que condicionam a erosão, como as propriedades físicas e químicas dos materiais das margens, o tamanho, a geometria e estrutura dos barrancos, as características hidrodinâmicas do fluxo, as condições climáticas, o alargamento e, algumas vezes, a migração do canal. A erosão marginal desempenha um importante papel no controle da largura dos canais fluviais. Este tipo de erosão contribui, significativamente, para o incremento na carga de fundo dos rios, além de provocar destruição progressiva da área marginal e conseqüente perda de áreas habitadas, áreas cultivadas, áreas preservadas, dentre outras (THORNE, 1990).

FERNANDEZ (1990) adota como definição de erosão marginal, o recuo linear das margens, resultante da remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa (precipitação).

### **3.4. Monitoramento da erosão**

Quanto ao monitoramento da erosão marginal, HOOKE (1980) cita as principais fontes de informação utilizadas: medições diretas no campo; método dos pinos; perfilagens sucessivas; método da estaca; medição indireta feita através de comparações de mapas antigos e fotografias aéreas; e a utilização de evidências biológicas e sedimentares.

O monitoramento das margens dos rios, durante o período de 1 a 10 anos, possibilita avaliar as alterações laterais nos canais e as taxas de erosão. As técnicas a serem empregadas neste monitoramento devem ser selecionadas, levando-se em consideração a escala disponível de tempo de amostragem.

LAWLER (1987) apresentou algumas precauções a serem consideradas na utilização do método dos pinos, ou seja, distribuição espacial dos pinos nas margens e inserção horizontal dos pinos nos barrancos. Cita, ainda, algumas limitações e vantagens do método na quantificação da erosão nas margens. As limitações do método consistem em: alteração nas características geotécnicas dos sedimentos das margens e alteração do padrão do fluxo, devido à presença do pino. As vantagens que este método pode proporcionar são: facilidade de instalação e de medição da erosão; pode ser empregado em diversos ambientes fluviais; mede pequena quantidade de erosão; identificação do padrão temporal e espacial da erosão; e detecção de lentos movimentos de massa.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para avaliar a erosão das margens no canal fluvial, realizaram-se os seguintes procedimentos: monitoramento da erosão e medição da altura do barranco no campo; quantificação da erosão e coleta do material da margem para análise granulométrica, quantificação do teor de matéria orgânica e densidade aparente.

### **4.1. Composição das margens**

As amostras dos sedimentos das margens foram coletadas nas seções transversais onde foram colocados os pinos. Os pontos de coleta localizavam-se a 1 m da superfície do barranco em direção ao nível da água, com exceção da amostra 1 que foi coletada a 2 m da superfície. A quantidade de amostra variou de uma a duas por seção. As amostras foram submetidas à análise granulométrica, densidade aparente e teores de matéria orgânica. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Viçosa.

#### **4.1.1. Granulometria (dispersão total)**

Amostras de 10 g de sedimentos foram mantidas por 12 horas em contato com solução de um dispersante químico ( $\text{NaOH } 0,1 \text{ M.L}^{-1}$ ) e, posteriormente, agitadas em alta rotação (12.000 rpm) por 15 minutos (EMBRAPA, 1997). A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, que consiste em pipetar um volume da suspensão

que é seca em estufa que posteriormente é pesada. A fração areia grossa foi separada por peneira de malha de 0,2 mm e, a fração areia fina por peneira de malha 0,053 mm, as frações são secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100% que é obtido por diferença das outras frações em relação ao peso da amostra original de 10 g.

#### **4.1.2. Densidade aparente**

Utilizou-se o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Amostras dos sedimentos com estrutura indeformada foram coletadas em cilindros de PVC com volume interno de 50 cm<sup>3</sup>.

Nesta análise, foram adotados os procedimentos descritos a seguir.

- Anotou-se o volume do anel, que contém a amostra;
- Pesou-se a amostra e seu peso foi registrado;
- A mostra foi colocada em estufa a 105°C, por 24 horas, e pesada novamente.

#### **4.1.3. Teor de matéria orgânica**

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por dicromatometria (extraído com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 0,4 M.L<sup>-1</sup> e titulado com FeSO<sub>4</sub> 0,025 M.L<sup>-1</sup>) por meio de oxidação induzida pelo calor, em ácido sulfúrico pelo método de Walkey-Black modificado por YEOMANS e BREMNER (1988). Para expressar os resultados em teores de matéria orgânica, foi feita a transformação, multiplicando-se o resultado pelo fator 1,72.

#### **4.2. Vazões**

Os dados de vazão das estações de Cáceres e Descalvado, relativos ao período de 27 anos (1968 a 1995), foram provenientes da ANEEL.

#### **4.3. Margens**

Procurou-se analisar a morfologia das margens, além de avaliar a estabilidade das mesmas, nos compartimentos morfológicos.

#### **4.3.1. Tipos**

Para obter a morfologia das margens, a partir dos pontos monitorados, realizaram-se medições com trena e desenharam-se os croquis no campo.

#### **4.3.2. Erosão**

Para avaliar a instabilidade das margens no canal fluvial, nos três diferentes compartimentos morfológicos, foi realizada uma campanha, em setembro de 2001, para instalar os pinos de erosão e estacas nas margens, próximo às placas de sinalização da Marinha. Foram escolhidas 17 seções, no trecho entre Cáceres e a ilha de Taiamã, sendo georreferenciadas com GPS (Figura 2). Neste período, foi também levantada a distância do mastro de sinalização da Marinha, em relação à face da margem. O monitoramento da erosão do canal foi realizado, após o período de cheia, em agosto de 2002, momento em que os pinos estavam expostos.

Três procedimentos foram adotados, para avaliar a erosão das margens nas 17 seções selecionadas (Figura 3):

- 1) Colocação dos pinos no sentido horizontal do barraco. Esses pinos foram instalados na margem côncava do rio, distribuídos em duas colunas. O número de pinos variou de 2 a 4 pinos por coluna, sendo colocados a partir do topo, em intervalos de 30 cm com distância de 2 m entre cada coluna. Os pinos eram de aço e mediam 50 cm de comprimento e 5,16 mm de diâmetro, sendo deixado expostos 10 cm pintados de branco, para melhor identificação.

- 2) Instalação de estacas na margem de cada seção. Essas estacas foram instaladas à distância de 2 m da margem, em relação à calha do rio.

- 3) Foram medidas as distâncias da placa da Marinha, em relação à face da margem.

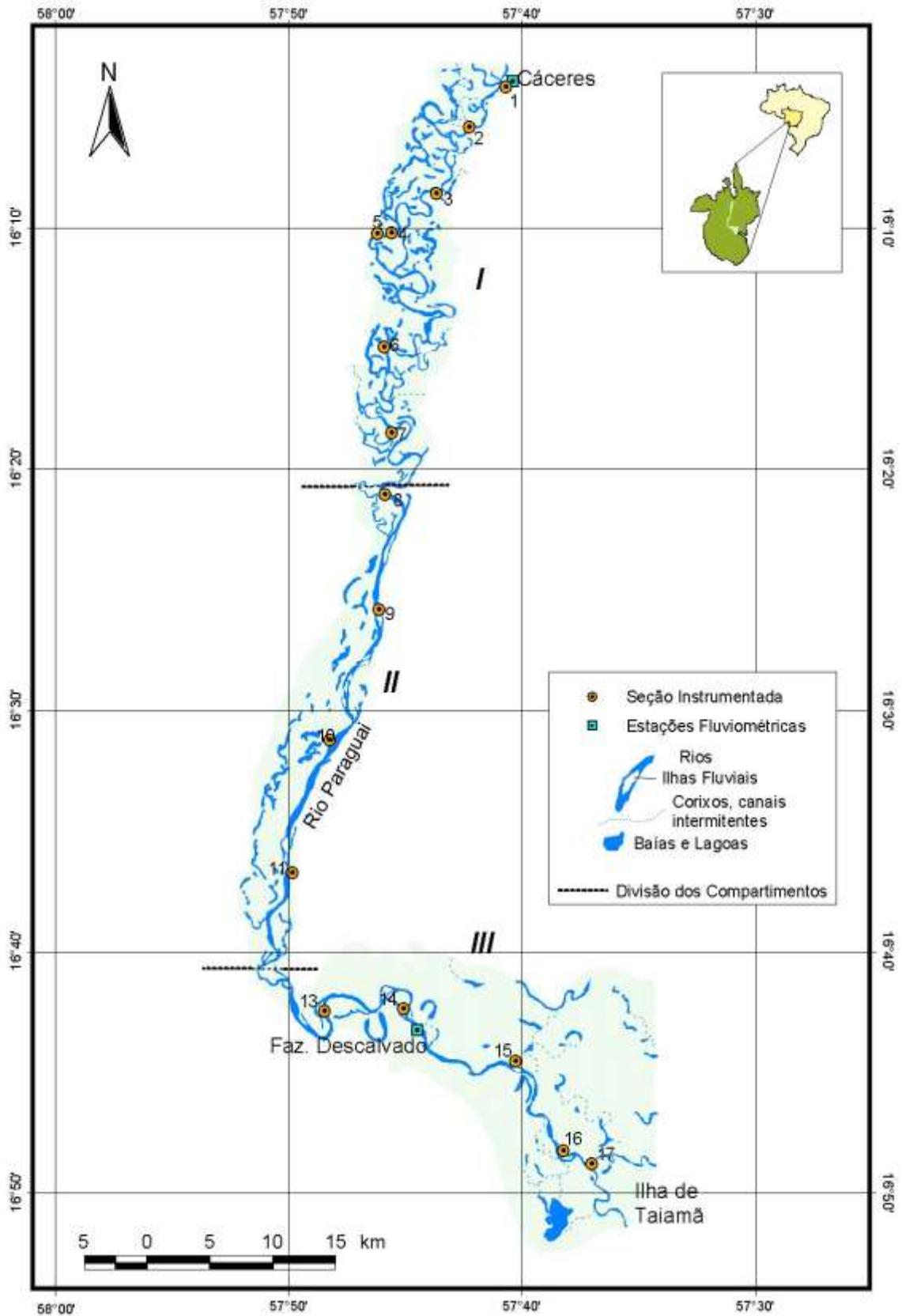


Figura 2 – Localização das seções monitoradas ao longo do rio Paraguai, no corredor fluvial, de setembro de 2001 a agosto de 2002.



Figura 3 – Visualização dos procedimentos realizados para monitorar a erosão nas margens (A), mastro da Marinha (B), estaca e (C) pino de erosão.

Após monitoramento da erosão no campo, os dados foram tabulados. A magnitude da erosão foi determinada, utilizando-se a expressão (FERNANDEZ, 1990).

$$Em = (L_1 - L_0)/t$$

em que

$Em$  = magnitude da erosão (cm/mês);

$L_1$  = comprimento do pino exposto pela erosão (cm);

$L_0$  = comprimento exposto inicialmente (10 cm); e

$t$  = tempo transcorrido (meses) entre cada campanha.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Atributos das margens

A magnitude da erosão nas margens está associada a alguns fatores, tais como: composição das margens (granulometria e estrutura dos sedimentos); características hidrodinâmicas do fluxo (vazão e transbordamento); morfologia da margem (altura e o tipo de margem); e características ambientais (cobertura vegetal, geologia, geomorfologia, declividade, precipitação e uso do solo) (Figura 4).

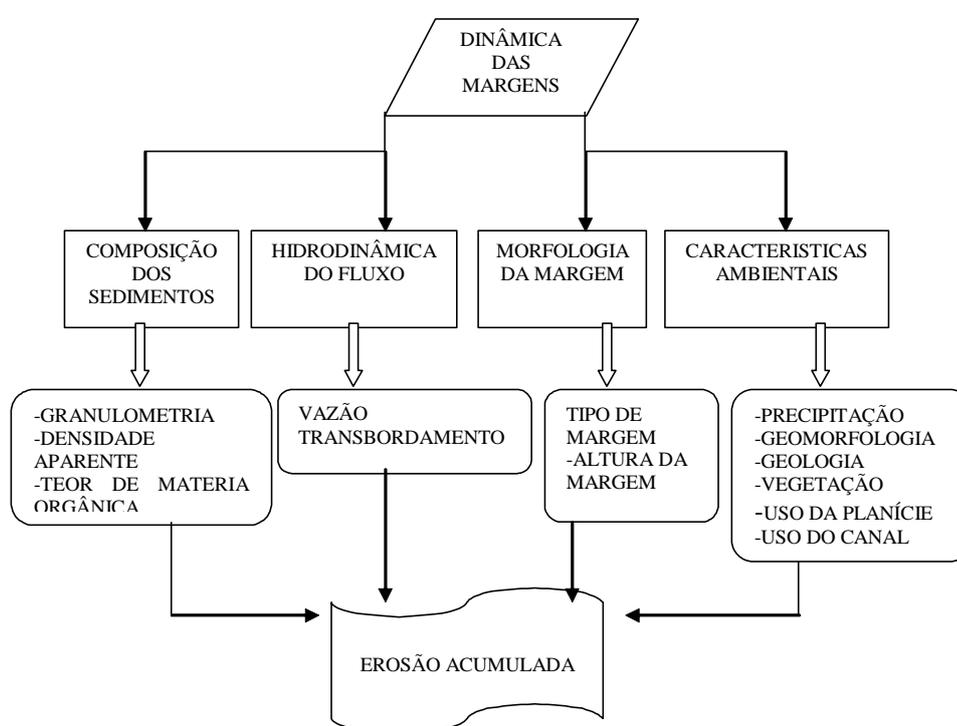


Figura 4 – Dinâmica das margens.

#### 5.1.1. Composição

A erosão das margens fluviais pode estar associada ao grau de umidade do material constituinte e algumas propriedades do mesmo, tais como textura, densidade aparente, teor de matéria orgânica e estrutura. A textura está relacionada ao tamanho e arranjo dos grãos, possibilitando, assim, determinar a porosidade e permeabilidade. A estrutura refere-se ao estado de agregação das partículas do material. Teores de matéria orgânica mais elevados contribuem para a agregação dos solos.

A ocorrência de dois períodos, um chuvoso e outro de estiagem, leva a um regime hidrológico distinto no canal fluvial: a oscilação no nível da água do rio Paraguai, vinculada às características do solo, contribui para a erosão das margens, resultando na expansão e contração do solo.

#### **5.1.1.1. Granulometria**

Por meio da análise granulométrica do material, foi possível quantificar a porcentagem das frações areias grossa e fina; silte e argila, em cada ponto monitorado, dentro de cada um dos três compartimentos. A caracterização da textura é importante, pois, a composição granulométrica dos sedimentos influencia o tipo e grau de erosão nas margens.

Registraram-se duas formas de posicionamento dos sedimentos, na face das margens. A primeira apresenta sedimentos mais homogêneos e coesos. A segunda disposição de sedimentos (seções 4 e 6), encontra-se em camadas, no primeiro patamar; próximo ao nível da água, é constituído essencialmente por areia. Esta camada possui, aproximadamente, 1m de espessura, sendo sobreposta por uma segunda camada com material mais coeso.

Os maiores teores de fração argila foram encontrados, nas seções: 1, 2, 4a, 6a e 7 (compartimento I); 8, 9 e 10 (compartimento II); 15 e 17 (compartimento III). Os maiores teores da fração silte foram evidenciados nos pontos 6a (compartimento I) e 8 (compartimento II). Os teores de fração areia variaram de franco-argilo-arenosa a areia, destacando-se nos pontos 4b, 5 e 6b (compartimento I); 11 e 12, (compartimento II); 13, 14 e 16 (compartimento III) (Tabela 1).

Os sedimentos apresentaram uma textura fina, composta de silte e argila, em sua maioria. A concentração de argila faz com que os solos sejam muito plásticos e muito pegajosos quando estão úmidos, ao passo que, quando secos são extremamente duros, propiciando a formação de fendas, que os tornam vulneráveis à erosão, provocando o desmoronamento em blocos. Os sedimentos são transportados pelo fluxo, ou são entulhados e transportados pelo rio no próximo período chuvoso.

Tabela 1 – Resultados da análise granulométrica, densidade aparente e teor de matéria orgânica, dos solos das margens, nas 17 seções onde foram colocados os pinos de erosão

Comp.	Ponto	Amost.	Areia grossa (dag)	Areia fina (kg <sup>-1</sup> )	Silte	Argila	Classe textural	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de Matéria Orgânica (%)
I	1	1	0	8	18	74	Muito Argilosa	1,68	0,05
I	2	2	0	1	17	82	Muito Argilosa	1,45	3,37
I	3	3	13	46	4	37	Argilo-arenosa	1,35	2,09
I	4	4a	0	32	30	38	Franco-Argilosa	1,47	2,23
I	4	4b	93	1	2	4	Areia	1,26	1,04
I	5	5	6	59	16	19	Franco-Arenosa	1,28	1,72
I	6	6a	0	3	40	57	Argila-Siltosa	1,62	177
I	6	6b	92	2	3	3	Areia	1,27	1,65
I	7	7	1	38	29	32	Franco-Argilosa	1,53	2,09
II	8	8	0	3	42	55	Argila-Siltosa	1,57	1,56
II	9	9	2	20	39	39	Franco-Argilosa	1,54	1,99
II	10	10	0	13	21	66	Muita Argilosa	1,63	1,04
II	11	11	16	64	9	11	Franco-Arenosa	1,27	1,56
II	12	12	5	72	6	17	Franco-Arenosa	1,25	0,51
III	13	13	0	61	15	24	Franco-Argilo-Arenosa	1,32	3,14
III	14	14	3	50	19	28	Franco-Argilo-Arenosa	1,31	3,14
III	15	15	0	22	29	49	Argila	1,50	2,63
III	16	16	41	44	7	8	Areia Franca	1,27	1,04
III	17	19	2	2	33	63	Muito Argilosa	1,49	1,94

### 5.1.1.2. Densidade aparente

De acordo com os resultados obtidos, nos materiais argilosos, a densidade aparente variou de 1.45 a 1.68 g/cm<sup>3</sup>, extrapolando o limite médio de solos argilosos (1.00 a 1.25 g/cm<sup>3</sup>), segundo KIEHL (1979). Nos arenosos, a densidade aparente variou de 1.25 a 1.32 g/cm<sup>3</sup>, mantendo-se dentro do limite médio para solos arenosos (1,25 a 1,40 g/cm<sup>3</sup>) (Tabela 1).

O alto índice de densidade aparente nos solos argilosos pode ser justificado pela própria dinâmica do canal fluvial, que possui alternância entre inundação e seca, em função do período chuvoso e de estiagem.

A coleta do material para análise foi realizada em período seco, em que o processo de umedecimento-secagem favorece maior adensamento das partículas, principalmente devido à capacidade de expansão e contração da argila. Outro aspecto a ser considerado é o fator agregante do ferro, propiciado pela ocorrência do processo de

hidromorfismo na margem fluvial, que favorece a oxidação e redução, promovendo a remobilização do ferro nas faces da margem.

### **5.1.1.3. Teor de matéria orgânica**

O teor de matéria orgânica no solo é resultado do balanço entre os processos de adição de materiais orgânicos (resto de plantas e animais e outros) e perda (decomposição desses materiais, por microorganismos).

Os resultados obtidos para teores de matéria orgânica, nas 17 seções monitoradas, mostram que a maioria dos solos possui baixos teores de matéria orgânica, variando de 0,05 a 2,23 g kg<sup>-1</sup>%, com exceção das seções 2, 13, 14, e 15, cujos valores de matéria orgânica atingiram 2,63 a 3,37% (Tabela 11). O menor teor de matéria orgânica foi registrado na seção 1 (compartimento I), no perímetro urbano de Cáceres, o que pode estar relacionado à ocupação da margem, acelerando a erosão através da remoção dos sedimentos ou, possivelmente, pelo ponto de coleta da amostra (dois metros no sentido da base do barranco ao nível da água).

Nas demais seções, os baixos teores de matéria orgânica podem estar relacionados à própria dinâmica anual do corredor fluvial, principalmente em virtude da erosão, transporte e deposição de materiais. Vale, aqui, ressaltar que as amostras foram coletadas na face do barranco, que propicia a remoção de materiais.

### **5.1.2. Vazão**

A vazão média mensal do rio Paraguai, estimada para 27 anos (1968 a 1995), variou de 249 a 1019 m<sup>3</sup>/s na estação fluviométrica de Cáceres, enquanto na estação fluviométrica da fazenda Descalvado a variação foi de 339 a 921 m<sup>3</sup>/s. A maior vazão média mensal, registrada nas duas estações, ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (Figura 5).

As bacias contribuintes do rio Paraguai que possuem nascentes no planalto, apresentam os elevados valores de precipitação, parte dessa precipitação alcança o canal principalmente pelo escoamento superficial, sendo transformada em vazão, contribuindo com grande quantidade de água e carga de sedimentos para calha do rio e planície de inundação (corredor fluvial). A baixa declividade do canal, que dificulta o escoamento faz com que a água do rio transborde para planície, abastecendo as baías e lagoas,

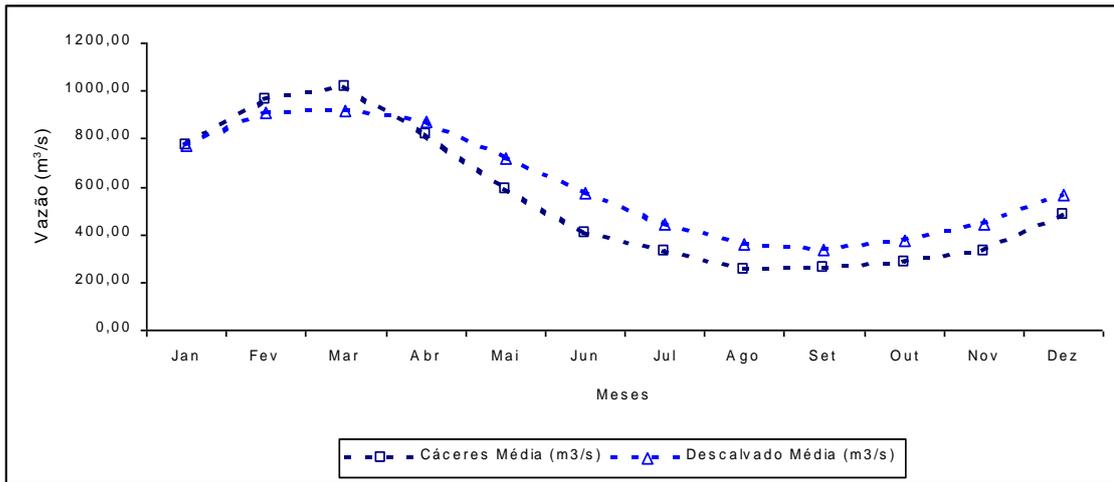


Figura 5 – Vazão média mensal no período de 27 anos (1968 a 1995) (Fonte: ANNA/ANEEL).

acumulando-se na planície. Durante o período das cheias, em alguns pontos da planície, o nível da água atinge 2m de altura. Com a diminuição do volume de água na calha do rio, no período de estiagem, parte da água transbordada retorna ao leito (Figura 6). A vazão varia no canal, nos períodos de cheia e estiagem, provocando oscilação no nível do rio Paraguai. Ao entrar em contato com as margens, esse fluxo contribui para remoção de sedimentos, além de provocar encharcamento.

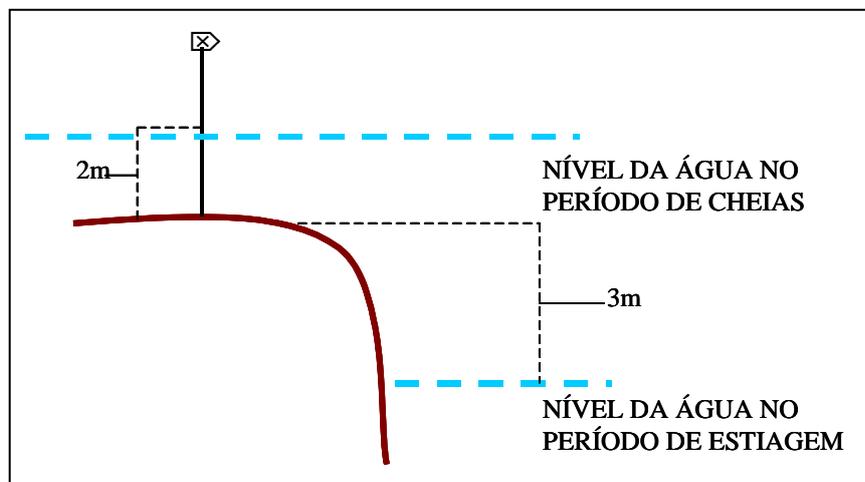


Figura 6 – Oscilação do nível da água no rio Paraguai, no corredor fluvial.

### 5.1.3. Margens

#### 5.1.3.1 Tipos

As seções monitoradas encontram-se na margem côncava do rio, que é mais propícia à atuação dos processos erosivos, devido à altura da margem e sua verticalidade.

As margens instrumentadas variam de 1,20 a 3,10 m e possuem dois padrões de altura: a margem média (1 a 3 m) e a margem alta (acima de 3 m) são íngremes ou rampeadas (Figura 7). As margens altas, quando comparadas às margens médias, e estando submetidas às mesmas condições, apresentam maior taxa de recuo. As margens altas contribuem para desencadear erosão por desmoronamento, principalmente nas faces das margens constituídas por areias ou interestratificadas (areias e argilas).

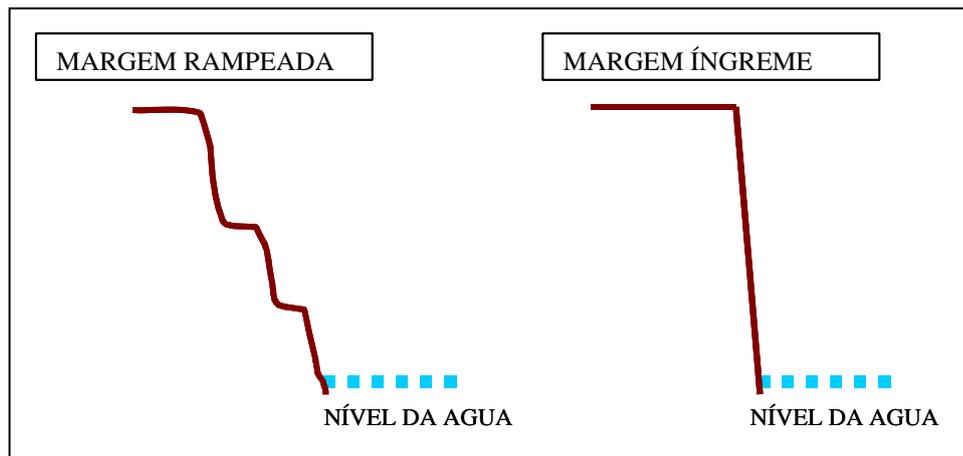


Figura 7 – Tipos de margens do corredor fluvial.

Os processos erosivos, observados nas margens, são corrasão e desmoronamento por cisalhamento e basculamento (Figura 8). Tais processos estão relacionados à oscilação no nível da água, capacidade de transporte do fluxo e composição granulométrica dos sedimentos.

O processo de corrasão, observado nas margens, consiste de uma ação mais lenta na remoção e, geralmente, ocorre no período de cheias do rio, quando o fluxo, ao entrar em contato com as margens, vai erodido (Figura 8a).

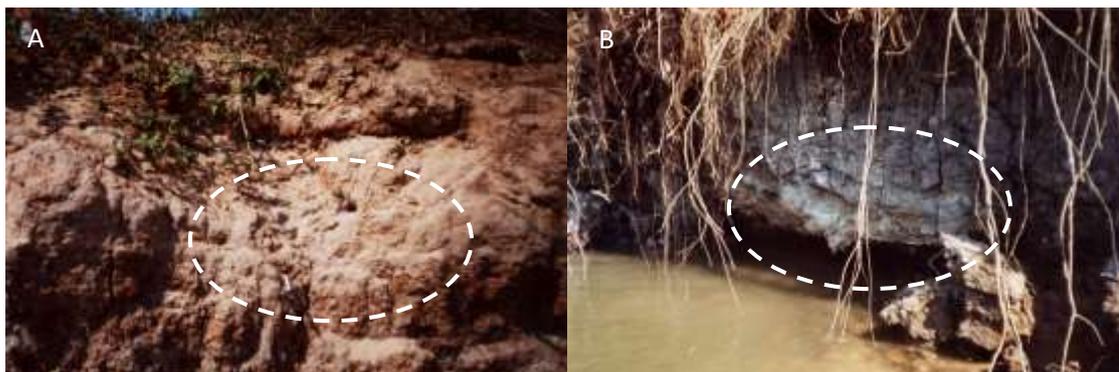


Figura 8 – Processos erosivos atuantes na margem (A) corrasão e (B) desmoronamento por basculamento.

O processo de desmoronamento por cisalhamento, que acontece nas margens está relacionado principalmente à composição granulométrica do sedimento, promovendo erosão diferenciada, erodindo a parte inferior da margem, durante o período de cheias. No período de estiagem, o excesso de peso na parte superior provoca o solapamento da margem.

O processo de desmoronamento por basculamento ocorre nas margens, que possuem maior concentração de material de granulometria mais fina (argila e silte), com alternância entre um período e outro de estiagem, provocando contínua saturação e ressecamento dos sedimentos das margens e favorecendo a formação de fendas, as quais contribuem para o desmoronamento por basculamento imediato ou deixam as margens propícias ao desmoronamento, no início do período de cheias (Figura 8b).

As margens são, em sua maioria, de altura média, encontradas ao longo do perfil longitudinal. No período das cheias, os fluxos transportam os sedimentos da base da margem, provocando o solapamento basal. Conseqüentemente, a estrutura das margens torna-se instável e desprovida de sustentação na base, resultando, então, no desmoronamento em blocos. Este tipo de processo foi observado em várias seções do corredor fluvial.

### 5.1.3.2. Erosão

Na associação da quantidade de erosão acumulada durante onze meses, com os atributos da margem (granulometria, densidade aparente, teor de matéria orgânica e altura da margem), com a dinâmica das águas (volume e oscilação do nível do rio), e

com os aspectos ambientais do entorno (clima, declividade e litologia), os dados mostraram que estas características interferem na quantidade de erosão acumulada.

Durante o monitoramento, observaram-se mudanças expressivas nas margens, vinculadas aos processos erosivos atuantes nas mesmas (corrasão e desmoronamento).

Em algumas seções, os pinos caíram e foram transportados pelo fluxo durante o período das cheias. Durante a campanha de monitoramento, em agosto de 2002, das 17 seções onde foram instalados os pinos (Figura 2), em setembro de 2001, foram encontradas oito seções com pinos, ao passo que, em oito seções, foram encontradas as estacas e em uma seção, o mastro caiu, enquanto, em outra seção o mastro foi retirado da posição onde estava anteriormente, possibilitando, assim, o monitoramento de apenas quatorze seções.

Na campanha de medição da erosão, os pinos, instalados no sentido horizontal da face do barranco foram encontrados no compartimento I, nas seções 1, 4, 6 e 7. No compartimento II, os pinos foram encontrados nas seções 8 e 11, enquanto, no compartimento III, foram encontrados nas seções 15 e 16.

As estacas instaladas no sentido vertical do barranco, com recuo de dois metros da margem, foram encontradas nas seções acima citadas e na seção 10, no compartimento II. Nas seções 2, 3, 5 e 13, o mastro da placa de sinalização da Marinha serviu como referencial para medir a erosão das margens (Tabelas 2 e 3).

A magnitude da erosão nas margens variou de 0,36 a 2,20 cm, nas seções monitoradas com pinos de erosão, enquanto, nas seções monitoradas por meio de estacas ou do mastro da Marinha como referência, a magnitude da erosão variou de 1,18 a 7,27 cm.

#### **5.1.3.2.1. Compartimento I**

No compartimento I, foram monitoradas as seções de 1 a 7 (Tabela 2), as quais encontram-se na margem côncava do leito, onde o canal apresenta-se com padrão meandrante (Figura 2).

A primeira seção monitorada encontra-se na margem esquerda/côncava do rio, apresentando fisionomia íngreme, alta (3,10 m) e está localizada no perímetro urbano de Cáceres, no bairro São Miguel. A vegetação ciliar foi, totalmente, retirada e residências foram construídas próximas às margens. COSTA NETO e SOUZA (2000) registraram erosão de 1.62m/ano, acrescentando que a erosão está associada à ação das águas fluviais e pluviais (escoamento superficial). Nos últimos 11 anos, o bairro erodiu 10% da sua

Tabela 2 – Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de pinos de erosão, nos três compartimentos, no período de 1 ano (setembro de 2001 a agosto de 2002)

Compart.	Ponto	Nº de pinos	Erosão acumulada (cm)		Nº de pinos	Erosão Acumulada (cm)	
			Coluna 1	Magnitude da erosão (cm)		Coluna 2	Magnitude da erosão (cm)
I	1	1	14	1,27	1	-	-
I	1	2	-	-	2	-	-
I	4	1	12	1,09	1	10	0,90
I	4	2	15	1,36	2	-	-
I	4	3	20	1,81	3	16	1,45
I	6	1	11	1,00	1	-	-
I	6	1	13	1,18	2	10	0,90
I	6	2	-	-	3	12	1,09
I	7	1	-	-	1	25	2,20
I	7	2	10	0,90	2	21	1,90
I	7	3	-	-	3	-	-
II	8	1	15	1,36	1	-	-
II	8	2	22	2,00	2	-	-
II	8	3	-	-	3	-	-
II	11	1	10	0,9	1	-	-
II	11	2	-	-	2	-	-
II	11	3	20	1,81	3	20	1,0
III	15	1	15	1,36	1	-	-
III	15	2	18	1,63	2	-	-

Tabela 3 – Dados de erosão nas margens, obtidos por meio de estacas e mastros da Marinha, nos três compartimentos

Compartimento	Ponto	Erosão acumulada (cm)		Magnitude da erosão (cm)
		Mastro	Estaca	
I	2	44	-	4,00
I	3	79	-	7,17
I	4	-	30	2,72
I	5	80	-	7,27
I	6	-	75	6,81
II	10	60		5,45
III	13	40		3,63
III	14	20		1,18
III	16	-	50	4,54

área. A erosão acumulada, no período monitorado neste trabalho (11 meses), atinge 14 cm e sua magnitude é de 1,27 cm (Tabela 2). Portanto, o grau de urbanização em áreas de influência pode aumentar o volume e a velocidade do escoamento superficial, cavando fendas e erodindo material, exercendo um forte controle na largura do canal.

A segunda seção encontra-se na margem direita do rio Paraguai, na parte côncava do rio, íngreme e alta (1,60 m) O segmento é freqüentado por pescadores e utilizado como pastagem, no período de estiagem. A vegetação nativa de médio porte mantém-se preservada. Em determinado período do ano, a área é inundada, podendo o nível da água da planície atingir 1,20 m, conforme observação feita no mastro da Marinha. Nesta seção, ocorre a formação de patamares na margem, a erosão acumulada atingiu 44 cm nos 11 meses de monitoramento, com magnitude de 4 cm (Tabela 3).

A terceira seção localiza-se na margem esquerda do rio Paraguai. Devido à proximidade da cidade de Cáceres, as margens são freqüentadas por pescadores e utilizadas como pastagem para o gado. A vegetação de médio porte mantém-se, parcialmente, preservada. A área é inundada, periodicamente, sendo que, no período do monitoramento, a margem encontrava-se com 2,20 m de altura. A erosão acumulada, durante 11 meses, atingiu 79 cm e a magnitude da erosão foi de 7,14 cm (Tabela 3).

A quarta seção encontra-se na margem esquerda do rio Paraguai, com vegetação nativa preservada. No período de monitoramento, a margem encontrava-se com 2,42 m de altura. A erosão acumulada em 11 meses, na primeira coluna, variou de 12 a 20 cm, com magnitude de 1,09 cm, 1,36 cm e 1,81 cm ao passo que, na segunda coluna, a erosão acumulada variou de 10 a 16 cm, com magnitude de erosão entre 0,90 cm e 1,45 cm (Tabela 2).

Localizada na margem direita do Paraguai, a quinta seção possui vegetação nativa preservada. A altura da margem, no período de estiagem, foi de 2,70 cm. A erosão, acumulada durante 11 meses, atingiu 80 cm com magnitude de 7,27 cm (Tabela 3).

A sexta seção encontra-se na margem direita do rio Paraguai. A vegetação mantém-se preservada e a margem tem 2,62 m de altura. A erosão acumulada durante 11 meses, na primeira coluna atingiu de 11 a 13 cm, sendo a magnitude da erosão de 1,00 a 1,18 cm; na segunda coluna, a erosão acumulada foi de 10 a 16 cm, com magnitude de 0,90 a 1,09 cm (Tabela 2).

A sétima seção localiza-se na margem esquerda do rio Paraguai. A vegetação mantém-se preservada e a margem tem 2,45 de altura, durante o período de estiagem. A erosão acumulada durante 11 meses, na primeira coluna, foi de 10 cm e magnitude de

0,90 cm; na segunda coluna, a erosão acumulada foi de 21 a 25 cm, com magnitude de erosão entre 2,20 e 1,90 cm. (Tabela 2).

#### **5.1.3.2.2. Compartimento II**

No compartimento II, foram monitoradas cinco seções (8 a 12). Todos os pontos encontram-se na margem côncava do leito e o canal apresenta um leve retílineamento (Figura 2).

A oitava seção encontra-se na margem direita, próximo à barra do rio Jauru. A vegetação de médio e pequeno porte foi retirada. Observou-se presença de vegetação rasteira, bem como afloramento rochoso no leito próximo à margem. O barranco possui um ligeiro rampeamento, sendo que, no nível mais baixo da rampa, observou-se deposição de areia que, provavelmente, foi transportada pelo rio Jauru, acumulando-se em sua confluência com o rio Paraguai. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 15 a 22 cm, com magnitude de 1,36 a 2,00 cm (Tabela 2).

Na nona seção, a erosão foi intensa. Os pinos não foram encontrados, possivelmente foram arrancados e transportados pelo fluxo. O mastro da Marinha caiu, não possibilitando o monitoramento da erosão nesta seção.

A décima seção encontra-se na margem direita do rio. A vegetação mantém-se quase totalmente preservada e a margem tem 2,20 m de altura. A erosão acumulada durante 11 meses, medida no mastro da Marinha, atingiu 60 cm e magnitude de 5,45 cm (Tabela 3).

A décima primeira seção encontra-se na margem esquerda do rio, na Travessia do Estirão. O barranco tem 1,30 m de altura, no período de estiagem. Na segunda fase de monitoramento, observou-se a evolução de um rampeamento nessa margem. A erosão acumulada durante 11 meses, na primeira coluna, foi de 10 a 20 cm com magnitude de 0,90 a 1,81 cm, enquanto, na segunda coluna, a erosão acumulada foi de 20 cm, com magnitude de 1,80 cm (Tabela 2).

A décima segunda seção encontra-se na margem esquerda do rio próxima a Morrinho. Nesta seção, os pinos e a estaca perderam-se e o mastro da Marinha foi substituído por um tripé com farol, provido de bateria solar, não sendo possível, portanto, realizar o monitoramento.

### **5.1.3.2.3. Compartimento III**

No compartimento III, foram monitoradas cinco seções (13 a 17). O canal possui padrão meandrante. Os pinos foram instalados na margem côncava (Figura 2).

A décima terceira seção localiza-se na margem esquerda do rio. O barranco encontrava-se à altura de 1,40 m. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 40 cm com magnitude de 3,63 cm (Tabela 3).

A décima quarta seção encontra-se na margem direita do rio, próximo à Baía do Morro. A vegetação nativa mantém-se preservada e a altura do barranco, medida no período de estiagem, foi de 1,82 m. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 20 cm e a magnitude da erosão foi de 1,18 cm (Tabela 3).

A décima quinta seção localiza-se na margem esquerda do rio, próximo à Barranqueira do Jatobá. A altura do barranco medida no período de estiagem é de 2,23 m. A erosão durante 11 meses foi de 15 a 18 cm, com magnitude de 1,36 a 1,63 cm (Tabela 2).

A décima sexta seção encontra-se na margem esquerda do rio Paraguai. A altura da margem, medida no período de estiagem, foi de 2,30 m. Nesta seção, o barranco apresenta um ligeiro rampeamento. A erosão acumulada durante 11 meses foi de 50 cm, com magnitude de 4,54 cm (Tabela 3).

A décima sétima seção encontra-se na ilha de Taiamã. Embora não fosse possível registrar o valor de erosão acumulada, devido a perdas de estacas e pinos neste ponto, observou-se intensa erosão, provocada pelo solapamento basal.

## **6. CONSIDERAÇÕES**

Estudos realizados por FERNANDEZ (1990), SOUZA (1998) e MOTA (2001) a composição granulométrica das margens é um fator determinante no recuo das mesmas, mostrando que os materiais de textura mais grosseira são mais suscetíveis à erosão. No canal fluvial, contrariando os estudos realizados sobre erosão, as seções que sofreram maior erosão não são, necessariamente, as margens de textura mais grosseira.

Os dados mostraram que a magnitude dos processos erosivos é muito intensa e a taxa da erosão acumulada é muita elevada, principalmente quando se considera um intervalo de tempo de 11 meses.

Os processos erosivos são do tipo corrasão e desmoronamento. O processo erosivo do tipo corrasão ocorre mais lentamente. O processo erosivo tipo desmoronamento está relacionado, principalmente, às margens médias e altas (1,30 a 3,10 m) e íngremes, alta densidade aparente dos materiais argilosos, baixo teor de matéria orgânica e oscilação do nível (vazão). Estas condições favorecem o processo de desmoronamento, ou solapamento do barranco em blocos. Os maiores índices de erosão acumulada foram registrados em material argilosos, nos quais o processo de umedecimento-secagem favorece a capacidade de expansão e contração da argila, a qual fragmenta-se, favorecendo o desmoronamento em blocos, principalmente no início do período das cheias.

Embora os três compartimentos possuam características distintas, não foram registradas diferenças no recuo das margens, ao comparar a erosão acumulada. Os índices diferentes, quando se comparou uma seção com outra.

Possivelmente, a atuação dos processos erosivos tenha sido, influenciada por fatores mais localizados, sejam eles naturais ou devido à ação humana. No corredor fluvial, os fatores naturais são: flutuação do nível da água, devido à alternância entre os períodos de cheia e seca; altura das margens; posição (margem côncava); composição granulométrica e estrutura das margens. A atividade humana nas margens relaciona-se a: instalação de acampamentos, por banhista e pescadores; impactos de grandes embarcações, em contato com as margens; propagação de ondas, resultante da movimentação de barcos de pequeno, médio e grande porte; urbanização e pisoteio do gado.

O uso de pinos para monitorar a erosão em grandes rios tropicais, no caso o rio Paraguai, apresenta algumas limitações, em virtude da própria dinâmica do rio. Durante o estudo, vários pinos foram perdidos. É aconselhável que, juntamente com o método de pinos, sejam utilizados, também, outros métodos para monitorar a erosão. Adotou-se, neste estudo, o método de estaca e os mastros da placa de sinalização da Marinha para monitorar a erosão.

Por fim, considerando o aumento no número de embarcações que navegam neste trecho e a implementação da hidrovia, a continuidade do monitoramento das margens é importante. Entretanto, torna-se necessário definir um método mais adequado para estudo do recuo da margem. De acordo com nossa experiência, sugerimos que nas próximas campanhas para monitorar a erosão, no rio Paraguai, sejam usados os mastros de sinalização da Marinha. O estudo deve ser realizado em conjunto com a Marinha,

para que quaisquer remoções dos mastros de sinalização possam ser acompanhadas pelo grupo de monitoramento da erosão das margens.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. (1999). Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS G. A.; CAMARGO F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, p. 10-23.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1990). **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 355 p.

CERQUEIRA, A. F.; CUNHA, G. M.; RUIZ, H. A.; RESENDE, M. (1992). Retenção de água em areias de diferentes tamanhos; formas e mineralogia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 9, **Anais...** Jaboticabal, (Resumo Expandido), SBCS, 127 p.

CHRISTOFOLETTI, A. (1972). **Geomorfologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.66-101.

CHRISTOFOLETTI, A. (1981). **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 313 p.

COSTA NETO, J. F.; SOUZA A. C. (2000). Processos erosivos e os impactos associados: estudo de caso. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru, Ano VI, v. 3, n. 17, p. 27, Dez.

CUNHA, S. B. (1996). Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA. A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Editora Bertrand do Brasil, p.211-252.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. (1997). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p.

FERNANDEZ, O. V. Q. (1995). **Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR)**. Tese de Doutorado. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 110 p.

FERNANDEZ, O. V. Q. (1990). **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão nas margens: Região de Porto Rico, PR**. Dissertação de Mestrado, UNESP: Instituto de Geociências e Ciências Naturais. Rio Claro, 85 p.

FRANZMEIER, D. P.; WHITESIDE, E. P.; ERICKSON, A. E. (1960). **Relationship of texture classes of fine earth to readily available water**. In: INTERNACIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7, Madison, Transactions, p. 354-363.

GUERRA, A. J. T. (1996). Processos erosivos de encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand, p. 149-199.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. (1983). **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 194 p.

HILL, A.R. (1973). Erosion of river bank composed of glacial till near Belfast, Northern Ireland *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 17, p. 428-442.

HOOKE, J. M. (1979). An analysis of the processes of river bank erosion. **Journal of Hydrology**, v. 42, p. 38-62.

HUDSON, H. R. (1982). The field technique directly measure river bank erosion. **Canadian Journal Earth Science**, v. 19, p. 381-383.

KIEHL, E. J. (1979). **Manual de edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Editora Agronômica Ceres.

KNIGHTON, A. D. (1973). Riverbank erosion in relation to stream flow conditions. River Bollin-Dean, Cheshire. **East Midlands Geographer**, v. 5, p. 416-426.

LAWLER, D. M. (1987). The erosion of pins in river banks. **Swansea Geographer**, v. 16, p. 9-17.

LEOPOLD, I. B.; EMMETT, W. W.; MYRICK, R. M. (1966). Channel and hillslope processes in a semiarid area. New México. **U.S - Geog. Surv. Prof. Paper**, v. 352-6, p. 193-253.

MIELNICZUK, J. (1999). Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS G. A.; CAMARGO F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Gênese, p. 10-23.

MOTA, I. S. A. (2001). **Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos na sub-bacia do riacho fundo - Distrito Federal**. Tese de Mestrado. UFRJ: Programa de Pós-Graduação em Geografia.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Cuiabá-Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 21, 448 p.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 20, Corumbá, 448 p.

- RELATÓRIO Técnico. (1982). **Estudos hidrológicos da bacia do Alto Paraguai**. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 284 p.
- RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A.; LANI, J. L. (1992). Características do solo e da paisagem que influenciam a suscetibilidade à erosão. In: SIMPÓSIO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Campinas. **Anais...** p. 32-67.
- ROCHA, P. C. (1995). **Erosão marginal em canais associados ao rio Paraná na região de Porto Rico-PR**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais). 29 p.
- SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. (1998). Delimitação do pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária. Brasília**, v. 33, número especial, p. 1703-1711.
- SIMON, A. (1995). **Ajustment and recovery of unstable alluvial channels: Identification and approaches for engineering management**. Nottingham, U. K.: Earth Surface Process and Landforms, Vol. 20, p.611-628.
- SOUZA, C. A. (1998). **Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga-MT: Avaliação da dinâmica atual**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SUGUIO, K. (1973). Introdução à **sedimentologia**. São Paulo: Edgar Blucher, USP.
- SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. (1990). **Ambientes fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Ed. UFSC/UFPR, 183 p.
- TOMÉ JR., J. B. (1997). **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 247 p.
- THORNE, C. R. (1990). **Effects of vegetation on erosion and stability in thorne vegetation and Erosion – Processes and Environments**. New York: John Wiley & Sons Inc., p.125-144.
- THORNE, C. R.; TOVEY, N. K. (1981). Stability of composite river banks. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 6, p. 469-484.
- TWIDALE, C. R. (1964). Erosion of alluvial bank at birdwood, South Australia. **Zeitschrift fur Gemorphologie**, v. 8, p. 189-211.
- WOLMAN, M. G. (1959). Factors influencing erosion of a cohesive River Bank. **American Journal Science**, v. 257, p. 204-216.
- YEOMANS J. C.; BREMNER, J. M. (1988). A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil science. **Soc. Plant Anal.**, v. 19, p. 1467-1476.

## DINÂMICA DE FUNDO DO CANAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A CIDADE DE CÁCERES E A ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA ILHA DE TAIAMÃ -MT

**RESUMO:** A pesquisa objetivou analisar as mudanças temporais no fundo do canal do rio Paraguai, entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. Foram estudados alguns elementos, dentre os quais: vazão, transporte de sedimentos sólidos suspensos e de fundo e a morfologia do canal. Para avaliar as condições do canal fluvial foram utilizados dados das Estações Fluviométricas de Cáceres e Descalvado, fornecidos pela Marinha Brasileira e pela Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizou-se, ainda, dados da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM e o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP, além de trabalhos de campo. A área foi dividida em três compartimentos morfológicos, de acordo com a configuração do canal fluvial. A análise temporal dos croquis batimétricos, fornecidos pela Marinha, mostraram mudanças expressivas no fundo do canal fluvial entre 1979, 1987 e 2000. No compartimento I, observou-se mudança em um trecho, devido à deposição de sedimentos na calha e surgimento de um novo canal principal, pelo rompimento do colo do meandro. No compartimento II, registraram-se mudanças em sete trechos, tais como: redução na profundidade do canal, com formação de bancos de sedimentos, barras submersas e assoreamento de parte do leito. O compartimento III registrou mudanças em um trecho, como o aumento de barras laterais e centrais de sedimentos.

Palavras chaves: mudanças temporais, fundo canal.

**ABSTRACT:** The research aimed at analyzing the temporary changes in the channel bottom of the Paraguay river, between Cáceres county and the Taiamã Island Ecological Station - MT. Some elements were studied, such as: the rate flow, transport of the suspended solid sediments and those in the bottom, and the channel morphology. Data of the Cáceres and Descalvado Fluviometric Stations, obtained from the Brazilian Navy and the Waters National Agency (ANA), were used in evaluating the conditions of the fluvial channel. The data of the Mineral Resources Research Company (CPRM) and the Conservation Plan of the High Paraguay Basin (PCBAP) were used, besides the field works. The area was divided into three morphologic compartments, according to the configuration of the fluvial channel. The temporary analysis of the bathymetric outlines supplied by the Navy showed expressive changes in the bottom of the fluvial channel among 1979, 1987 and 2000. In compartment I, a change was observed in one segment due to sediment depositions in the trough and the appearance a new main channel by the rupture of the bend depression. In compartment II, some changes were registered in seven segments, such as: reduction in the channel depth, with formation of sediment banks, submerged bars and accretion in a part of the stream bed. In compartment III, a number changes were registered in a segment, such as the increase in the lateral and central bars of the sediments.

Keywords: temporary changes, channel bed.

## 1. INTRODUÇÃO

As alterações nas condições dos sistemas fluviais podem ser analisadas em diversas escalas temporais. De modo geral, o aspecto do canal e suas características associadas dependem da evolução geomorfológica e climática da região e da ação humana, na área de influência e na própria calha do rio. As modificações que vêm ocorrendo na área estudada (planície e calha) e também a montante no rio Paraguai e seus afluentes, contribuem para alterar a dinâmica do rio.

A variação na profundidade dos canais fluviais e a formação de bancos de sedimentos são amplamente discutidas em literaturas internacionais, destacando-se as publicações clássicas: CHURCH (1972); RUST (1972); SMITH (1974); BLUCK (1979); LEWIN (1981); FERGUSON e WERRITTY (1983).

Trabalhos sobre mudanças temporais no fundo dos canais fluviais são restritos, embora alguns estudos tenham sido realizados sobre mudanças no fundo de canais fluviais urbanos. EBISEMIJU (1989) estudou a reação do córrego Ado-Ekiti, localizado na região sudoeste da Nigéria, à urbanização e seu novo ajustamento. WOLMAN (1967) analisou o ciclo de sedimentação e erosão em canais urbanos, na região de Baltimore. CARVALHO (1995) contribui com alguns métodos sobre hidrossedimentologia aplicada, com a publicação do livro Hidrossedimentologia Prática.

A pesquisa objetivou analisar a morfologia do fundo do canal do rio Paraguai, em escala espaço-temporal, bem como analisar dados sobre vazão, transporte de sedimentos sólidos suspensos e de fundo. Para avaliar as condições do canal fluvial, foram utilizados dados da Marinha, CPRM, PCBAP e ANA.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área abrange o segmento do alto curso do rio Paraguai, entre a cidade de Cáceres e a Reserva Ecológica da Ilha de Taiamã-MT, com extensão aproximada de 160 km (seguindo a sinuosidade do canal). Devido suas peculiaridades, o corredor fluvial foi dividido em três compartimentos (Figura 1). O primeiro estende-se da cidade de Cáceres à foz do rio Jauru. O padrão do rio é meandrante, apresentando um processo intenso de erosão na margem convexa e deposição na margem côncava e na planície de inundação. O segundo compartimento inicia-se na foz do rio Jauru e termina na fazenda

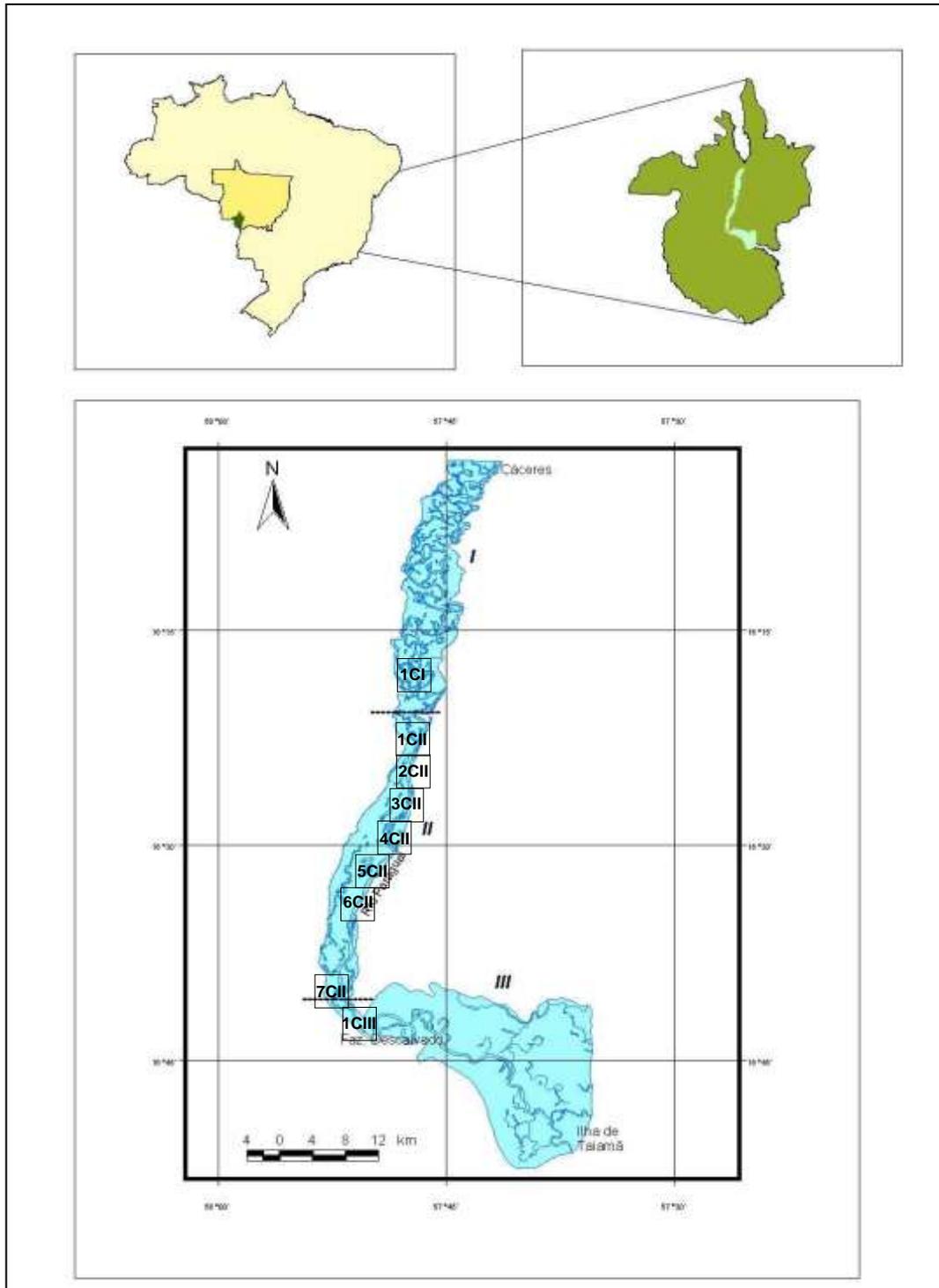


Figura 1 – O corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã, sua localização no Brasil e no município de Cáceres. Além da localização dos trechos que ocorreu mudanças temporais na morfologia do fundo do canal, nos três compartimentos.

Santo Antonio das Lendas. O canal diminui a sinuosidade, tornando-se retilíneo, com forte controle estrutural na margem esquerda, enquanto, na margem direita, encontra-se a planície de inundação com presença de baías e lagoas. O terceiro compartimento inicia-se na fazenda Santo Antonio das Lendas e termina na ilha de Taiamã. O canal perde todo o controle estrutural, alterando sua direção norte-sul para oeste-sudeste, tornando-se, novamente, meandrante e alargando a planície de inundação.

A área está embasada nos sedimentos da formação Pantanal. Geomorfologicamente, encontra-se na depressão do alto rio Paraguai e em áreas de planícies e pantanais. A precipitação média anual varia em torno de 1000 a 1500mm, sendo que, em dezembro-janeiro, ocorrem os maiores índices de precipitação pluviométrica.

Os tipos de solo presentes ao longo do corredor fluvial são caracterizados como solos de áreas úmidas. São ambientes de drenagem que, por ocasião das cheias, sempre recebem material, formando solos em camadas, onde os fatores de formação não tiveram tempo suficiente para promover o desenvolvimento de horizontes, como a seqüência do tipo A, B e C. A condição incipiente em sua formação tem grande influência sobre sua instabilidade aos processos erosivos. Destacam-se, como principais tipos de solos, o Gleissolo Háplico Tb Eutrófico, Plintossolo Háplico Distrófico, Planossolo Hidromórfico Distrófico, Planossolo Háplico Eutrófico e Vertissolo Hidromórfico.

As características da planície contribuem para a ocorrência de inundação de forma diferenciada no corredor fluvial, devido à altura do nível da água e o tempo (meses) em que a planície permanece alagada, possibilitando, assim, o desenvolvimento de vários tipos de formação vegetal: Contato Floresta Estacional/Savana, Savana-Parque Associada a Áreas Pantanais, Formações Justafluviais, Savana Florestada, Floresta Aluvial e Savana Arborizada com Floresta Galeria (RADAMBRASIL, 1982).

No corredor fluvial, o rio Paraguai percorre uma área plana e sujeita à inundação periódica, onde destacam-se algumas feições peculiares como baías, lagoas, vazantes, corixos e furados. Possui vários afluentes de pequeno porte à margem esquerda. Seu principal afluente é rio Jauru, contribuinte de água e sedimentos.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O perfil longitudinal em toda sua extensão resulta do trabalho, que o rio executa, para manter o equilíbrio entre a capacidade e a competência, com a quantidade

e a granulometria da carga detrítica. Se a capacidade e competência do rio forem maiores do que as requeridas para o transporte de sedimentos, possivelmente, ocorrerão modificações na morfologia do canal. Inversamente, quando a capacidade e competência são menores do que as requeridas para o transporte de sedimentos, ocorrem modificações na forma e declividade do canal (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

A distribuição de sedimentos na seção transversal é variável de um lado para o outro, sendo mais bem expressa em termos de concentração. Esta é varia em função da velocidade da corrente, da disponibilidade de sedimentos e granulometria (CARVALHO, 1995).

### **3.1. Transporte de sedimentos**

O comportamento de uma bacia, em relação ao transporte de sedimentos, varia muito desde as partes mais altas até às planícies, variação esta que depende da litologia, do tipo de solo, da cobertura vegetal, da declividade, do regime de chuvas, dentre outros. Em geral, no alto curso da bacia há maior erosão e transporte de sedimentos. A erosão diminui, gradativamente, da alta até à média bacia, à medida que as declividades decrescem (CARVALHO, 1995).

De acordo CHRISTOFOLETTI (1981) há quatro tipos de transporte de sedimentos: por solução, suspensão, saltação e rolamento ou tração. O transporte por solução ocorre quando os constituintes intemperizados das rochas, que são transportados em solução química, compõem a carga dissolvida dos cursos de água, como no caso do carbonato de cálcio. O transporte por suspensão acontece, quando o fluxo superficial transporta os sedimentos constituídos por partículas finas, silte e argila, que se conservam suspensas na água até que a velocidade do fluxo diminua, atingindo o limite crítico.

Os sedimentos em suspensão influenciam a turbidez das águas, a qual varia de acordo com a estação (seca ou chuvosa), pois, a esta está ligada a maior ou menor quantidade de sedimentos disponíveis para transporte. O processo de transporte por saltação ocorre em pequenos saltos, ou seja, as partículas são soerguidas pelas águas correntes, em ângulo acentuado e próximo ao leito, formando uma camada que as mantém sempre em contato com o fundo. No transporte por tração ou rolamento, as

partículas maiores são arrastadas pelas águas e rolam no leito do rio, adquirindo forma arredondada (CHRISTOFOLETTI, 1975).

A carga sólida em suspensão e no fundo de um rio decresce para jusante, em função da redução da competência (tamanho máximo do material a ser transportado) e da capacidade do rio (volume de carga que pode ser transportado). A carga de fundo é constituída de sedimentos maiores (areia, cascalho e fragmentos de rochas), que são transportados por saltação, tração ou rolamento (CUNHA 1996).

De acordo com estudos realizados por CARVALHO (1995), a distribuição longitudinal dos sedimentos no curso d'água é melhor expressa em termos de produção de sedimentos, considerando-se o valor médio da descarga sólida em relação à área de drenagem da bacia contribuinte. É possível observar que as cabeceiras dos rios são compostas por sedimentos de tamanho maior (matacão, pedregulhos e seixos), que fracionam à medida que são transportados, transformando-se em sedimentos mais finos para jusante (areia com granulometria variada e argila).

Para SUGUIO e BIGARELLA (1990), quando existe equilíbrio entre entrada e saída de sedimentos, o perfil longitudinal do rio é mantido. O equilíbrio é função da relação entre carga e descarga, bem como das características do escoamento superficial, vegetação e solos.

### **3.2. Deposição fluvial**

A deposição nos canais fluviais ocorre, quando há diminuição na competência, o que pode ser causado pela redução em declividade e volume ou aumento na carga de sedimentos.

Embora menos estudadas pelos geomorfólogos, as formas construídas pela sedimentação fluvial possuem uma grande variedade de aspectos de depósitos. Cada ambiente reflete não só a ação fluvial, mas também a interferência condicionante exercida por outros fatores, como marinho, lacustre, litológico, climático, topográfico, dentre outros.

Os processos de sedimentação, que acontecem no canal ou na planície de inundação, provenientes da atividade do canal, compreendem os depósitos residuais do canal, barras de meandros, barra de canais e do preenchimento de canais (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

### **3.3. Morfologia da calha**

A morfologia da calha de um rio é formada pelo movimento da água e dos sedimentos, em relação aos materiais disponíveis no leito e nos bancos. Os canais mudam de forma através dos processos de erosão e sedimentação. O escoamento superficial e a carga de sedimentos podem variar, em resposta às mudanças ocorridas no uso da terra, assim um canal considerado estável pode, naturalmente, erodir o leito e bancos, sendo mais expressivo após o maior pico de descarga (BROOKES, 1996).

Para KELLERHALD et al. (1976) e DIETRICH (1985), as características da calha estão, em sua maioria, associadas aos processos de erosão e deposição. Os depósitos de sedimentos pertencem a diferentes categorias, como os que se desenvolvem no eixo central, ou seja, os bancos ou barras centrais (*mid channel bar*), as barras laterais (*channel side bar* e *point bars*), barras submersas e ilhas fluviais.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Alguns procedimentos foram necessários às análises do regime de vazão, da quantidade de sedimentos transportados em suspensão e de fundo e alterações temporais na morfologia do canal.

### **4.1. Regime de vazão**

Para avaliar a vazão do canal, utilizaram-se os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), das estações fluviométricas de Cáceres e Descalvado. Foram analisados dados de vazão média mensal relativas a 27 anos (1968 a 1995), quando a Agência Nacional de Águas (ANA) efetuou o último registro de vazão no rio Paraguai. Comparou-se as médias mensais de vazão das duas estações. Os dados brutos foram tratados através do programa Excell.

### **4.2. Transporte de carga sólida em suspensão e de fundo**

Para analisar a quantidade de partículas transportadas em suspensão e de fundo, foram utilizados os dados de fontes secundárias de coletas diárias, realizadas pelo

PCBAP em quatro seções transversais em agosto de 1996. Utilizaram-se os dados de medição de descarga de sedimentos, realizada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), nos anos de 1979, 1980 e 1981, em Cáceres.

#### **4.3. Deposição de sedimentos na planície de inundação**

Para avaliar a deposição de sedimentos na planície fluvial, nos três diferentes compartimentos morfológicos, foi realizada uma campanha, em setembro de 2001, no sentido de instalar estacas na planície de inundação, próximo às placas de sinalização da Marinha. Foram escolhidas 17 seções, no trecho entre Cáceres e a ilha de Taiamã, sendo georreferenciadas com GPS. O monitoramento da acumulação de sedimentos foi realizado em agosto de 2002, após um período de cheias (Figura 2).

Essas estacas foram instaladas à distância de 2 m da margem em relação à calha do rio, ficando 20 cm exposta, cujas pontas foram pintadas de branco para melhor identificação.

Após o monitoramento da sedimentação na planície, no campo, os dados foram tabulados. A magnitude da taxa de sedimentação foi determinada, empregando-se a expressão (YALIN, 1972):

$$E_m = (L_1 - L_0)/t$$

em que

$E_m$  = magnitude da sedimentação (cm/mês);

$L_1$  = comprimento da estaca coberta pela sedimentação (cm);

$L_0$  = comprimento exposto inicialmente (20 cm); e

$t$  = tempo transcorrido (meses) entre cada campanha.

#### **4.4. Morfologia da calha**

A morfologia da calha foi analisada nos três compartimentos, nos sentidos longitudinal e transversal, o que possibilitou observar o talvegue, as alterações na profundidade do canal e a formação de bancos de sedimentos. Foram utilizados croquis referentes a 1979, 1987 e 2000, fornecidos pelo Serviço de Sinalização Náutica da

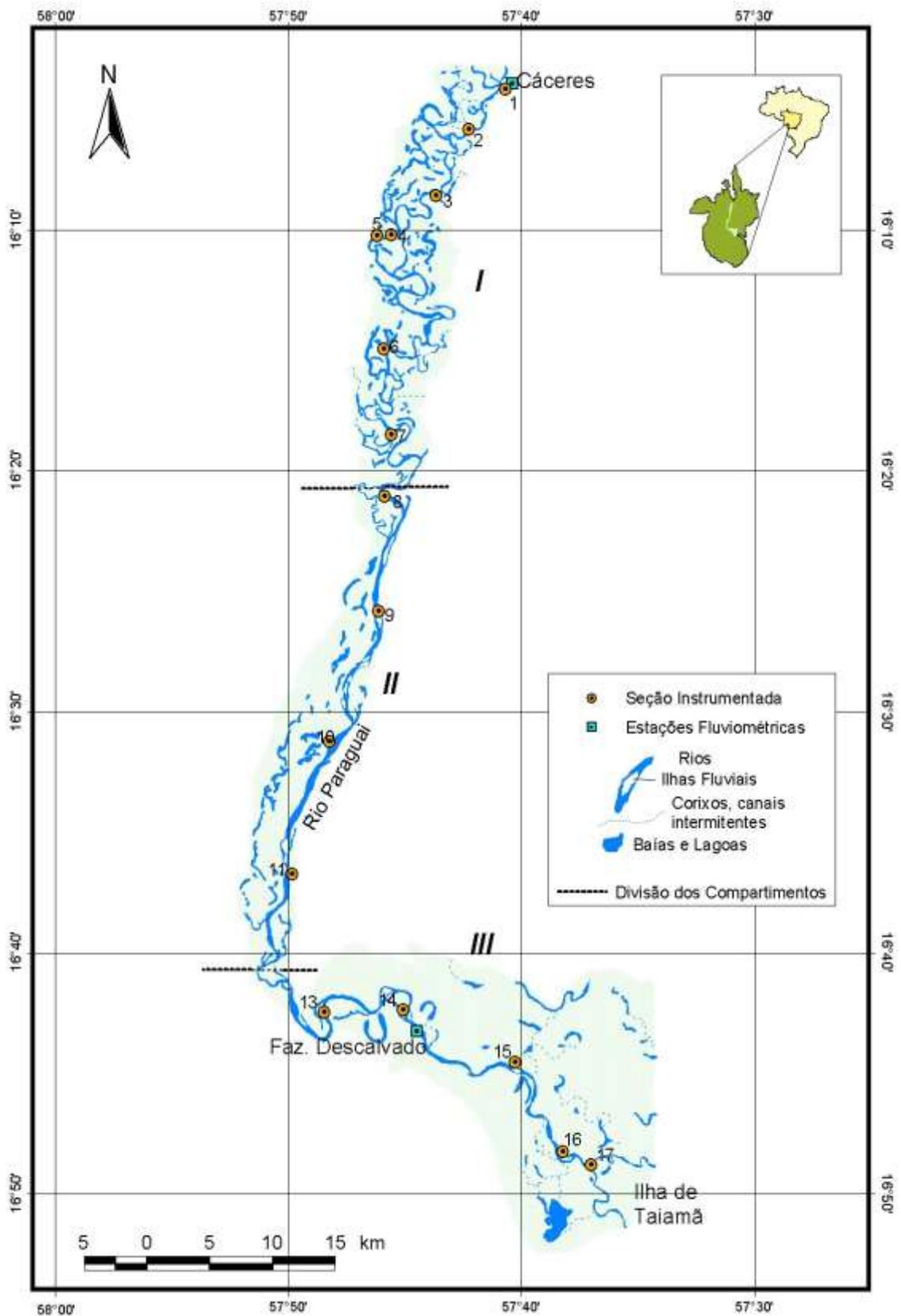


Figura 2 – Localização das seções monitoradas ao longo do rio Paraguai, no corredor fluvial, de setembro de 2001 a agosto de 2002.

Marinha Brasileira, que rastreia o fundo do canal, para atualização dos sinais de navegação. As campanhas batimétricas foram realizadas nos meses de agosto e setembro, durante o período de estiagem.

As balizas (mastro) de margem constituem a sinalização, que orienta os navegantes quanto à sinuosidade do canal de navegação, bancos de sedimentos, profundidade do canal e direção a seguir. São construídas de chapa de aço e pintadas de branco, exibindo os símbolos de cor vermelha revertida com material refletivo. As balizas possuem os quilômetros percorridos no sentido Corumbá a Cáceres e alguns sinais de navegação.

Baseado na análise dos croquis do Serviço de Sinalização Náutica da Marinha e no trabalho de campo, foi possível elaborar os perfis transversais, sendo escolhidas para análise as seções instrumentadas a fim de verificar a erosão nas margens e sedimentação, próximo às placas de sinalização da Marinha. No compartimento II, foram confeccionados perfis temporais (1979, 1987 e 2000).

Para elaboração dos mapas espaço-temporais (1979, 1987 e 2000), referentes à morfologia do fundo do canal do rio Paraguai, nos trechos que sofreram mudanças (um trecho do compartimento I, sete trechos do compartimento II e um trecho do compartimento III), utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que constitui uma ferramenta importante na execução desta etapa, pois, possibilitou a identificação e distribuição espacial das classes de profundidade do canal fluvial, bancos de sedimentos, ilhas fluviais e controle estrutural. Possibilitou, ainda, a criação de um banco de dados e geração de um modelo de interpolação para a batimetria do rio.

Adotou-se o procedimento descrito a seguir.

1) Digitalização de dados primários da calha, utilizando-se a mesa digitalizadora e as ferramentas do ArcInfo, dentre os quais:

- pontos cotados negativos de profundidade (pontos);
- banco de sedimentos (polígonos);
- área de controle estrutural (polígonos); e
- bordas do rio Paraguai (polígonos).

2) Definição de um modelo digital de elevação no formato Grid, utilizando-se ferramenta do ArcGis e extensão Topogrid, sendo:

- os pontos de profundidade cotados como negativos;
- as bordas do rio e os afloramentos definidos como zero;

- as ilhas definidas 1 m;
- interpolação feita a partir das classes de profundidade; e
- criado um modelo de sombreamento.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Dinâmica do canal**

A carga de sedimentos, depositada no corredor fluvial, pode estar associada a alguns fatores, tais como: baixa declividade ao longo do perfil longitudinal; morfologia da calha; volume da descarga; alternância do regime de precipitação; capacidade de transporte; velocidade do fluxo; tipo de canal e outros.

#### **5.1.1. Vazão**

Os valores médios mensais de vazão, registrados em 27 anos (1968 a 1995), nas estações fluviométricas de Cáceres e Descalvado, mostraram que o volume maior do fluxo ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (Figura 33).

Na estação de Cáceres, a vazão mínima registrada foi de 249 m<sup>3</sup>/s, em agosto, sendo que a vazão máxima foi de 1019m<sup>3</sup>/s em março, enquanto, na estação fluviométrica da fazenda Descalvado, a vazão mínima registrada foi de 339 m<sup>3</sup>/s, em setembro, e a vazão máxima foi de 921 m<sup>3</sup>/s, em março.

Comparando a vazão média mensal do rio Paraguai, nas duas estações, observa-se que nos meses de janeiro, fevereiro e março registram-se as maiores vazões na estação fluviométrica de Cáceres, enquanto, na estação fluviométrica de Descalvado, esses valores máximos ocorrem nos meses de março e dezembro.

#### **5.1.2. Transporte de sedimentos**

De acordo com registros da estação de Cáceres (CPRM) referentes ao rio Paraguai, são transportadas diariamente 7630 t/dia de carga sólida, sendo que, deste total, 6154 t/dia são transportadas por suspensão e 1476 t/dia são transportadas por

arraste, correspondendo a  $0.225 \text{ t/dia/km}^2$  (Dados não publicados CPRM, 1982). Sua área de influência, ou seja, a bacia do alto Paraguai até a estação é, aproximadamente, de  $33890 \text{ km}^2$ , abrangendo parte da bacia do rio Paraguai e seus afluentes, que são contribuintes de água e sedimentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Descarga sólida do rio Paraguai

<b>Estação de Cáceres</b>	<b>Dados</b>
Área ( $\text{km}^2$ )	33890
Concentração (ml/l)	130
Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	479
Descarga sólida média – Suspensão (t/dia)	6154
Descarga sólida média – Arraste (t/dia)	1476
Descarga Total	7630
Q total/Área ( $\text{t/dia/km}^2$ )	0,225

Fonte: CPRM (1982), dados não publicados.

No rio Paraguai o transporte de sedimentos em suspensão e por arraste ocorre durante todo o ano, sendo que as alterações no volume de sedimentos transportados estão relacionadas à descarga líquida e ao período de retorno, devido à oscilação no nível da água, durante o período de estiagem, parte da carga de sedimentos transbordados retorna ao canal principal.

As medições de descarga sólida diária ( $\text{t/dia/km}$ ) do rio Paraguai, em Cáceres, revelam que a maior quantidade de sedimentos é transportada nos meses de janeiro a junho, enquanto o menor volume de descarga de sedimentos ocorre nos meses de julho a novembro, enquanto, no mês de dezembro, a carga de sedimentos transportados tende a aumentar.

Acompanhando a evolução das descargas médias mensais, líquida e sólida, registradas na estação de Cáceres, observa-se que nos meses iniciais de cheias, o volume de descarga líquida ocorre de modo semelhante àquele da carga sólida.

Os maiores valores médios de descarga sólida (varia entre 68 a 102 ml/l) ocorrem nos mesmos meses (janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro), ao passo que os meses em que ocorrem menores concentrações de sedimentos são: maio, junho, julho agosto e setembro (variando entre 38 a 63 ml/l). O maior volume de descarga líquida acontece nos meses de janeiro, fevereiro, março,

abril, novembro e dezembro, sendo que nos meses seguintes há diminuição no volume de descarga líquida (Figura 3).

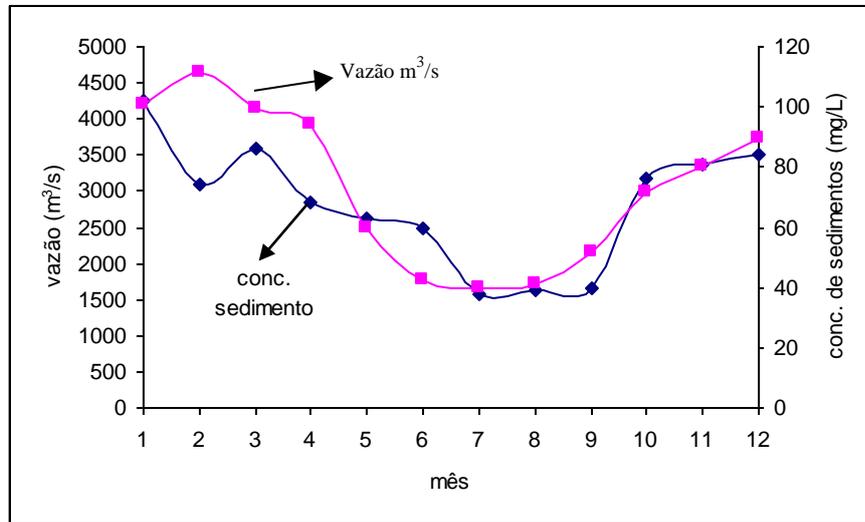


Figura 3 – Média de vazão e concentração de sedimentos, nos anos 1979, 1980 e 1981 (Fonte: Companhia Pesquisas Recursos Minerais–CPRM, dados não publicados).

Nos meses de maio e junho, entretanto, são detectados picos médios de carga sólida (63 ml/l em maio e 60 ml/l em junho), o que pode ser justificado pela própria dinâmica do rio Paraguai, propiciando armazenamento de água e sedimentos na planície de inundação, lagoas e baías, pois, quando o nível da água diminui, parte desses sedimentos retorna ao canal principal, aumentando, assim, a concentração de carga sólida. No período de estiagem o rio perde cerca de 50% de sua capacidade de transporte (PCPAP, 1997).

De acordo com PCPAP (1997) a velocidade da água manteve-se entre 0,508 e 0,528 m/s; a menor quantidade de sedimentos de fundo foi de 0,155 mm, na seção 28 (Fazenda Descalvado), enquanto, nas outras seções, foi de 0,309 e 0,319 mm; a concentração média de sedimentos em suspensão variou de 40,708 a 55,714 mg/l.

Os dados de concentração média de sedimentos em suspensão e de fundo condizem com aqueles obtidos para o mês setembro, quando foi realizada a coleta das amostras. Vale ressaltar que o rio Paraguai e seus afluentes, a montante da área em estudo, percorrem principalmente trechos rurais, sendo que a contribuição de sedimentos para os canais ocorre pelo escoamento superficial, geralmente, no período chuvoso, na época que o solo está exposto para plantio.

Portanto, a variação espacial na quantidade de concentração média de sedimentos em suspensão e de fundo, foi observada entre as seções transversais 27, 28, 29 e 30. Na seção 30, localizada em Cáceres (compartimento I), a quantidade maior de sedimentos pode ser atribuída à sua localização, no perímetro urbano de Cáceres, onde há grande proporção de terra nua, além de lançamentos de dejetos no rio Paraguai e seus afluentes, que cortam o perímetro urbano. O grande volume de sedimentos na seção 27, localizada na ilha de Taiamã (compartimento III), sugere que essa disponibilização de sedimentos pode estar relacionada à diminuição na capacidade de transporte, ao efeito do ajustamento do canal, que promove a remobilização de sedimentos do fundo e das margens, bem como ao retorno de água e sedimentos das planícies alagadas (Tabela 2 e Figura 4).

Tabela 2 – Vazão, concentração de sedimentos em suspensão e de fundo e velocidade da água, nas seções 27, 28, 29 e 30

Seção	Localização	Referência	Data	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)	D <sub>50</sub> Fundo (mm)	Concentração Média suspensão (mg/l)
27	Lat-16°44'17",90991 Long-57°44'39",58205	Ilha de Taiamã	20/09/96	347,548	0,528	0,311	55,714
28	Lat-16°30'35",41501 Long-57°48'13",55514	Fazenda Descalvado	21/09/96	342,707	0,525	0,155	41,405
29	Lat-16°19'48",32824 Long-57°45'20",18219	Foz do rio Jauru	22/09/96	255,316	0,513	0,309	40,708
30	Lat-16°04'37",85901 Long-57°42'16",27213	Cidade de Cáceres	24/09/96	271,791	0,508	0,319	53,316

Fonte: PCBAP – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – Hidrossedimentologia do Alto Paraguai do Alto Paraguai.

A granulometria dos sedimentos de fundo, nas seções 27, 28, 29 e 30, revela uma maior proporção de silte e argila (70-76%). A percentagem de areia fina varia entre 22 a 25% e a proporção de sedimentos grosseiros (areia média, areia grossa e seixos) entre 8 e 10%, enquanto, na carga suspensa, predominam os sedimentos de granulometria fina (silte e argila) atingindo cerca de 87,96% (PCPAP, 1997).

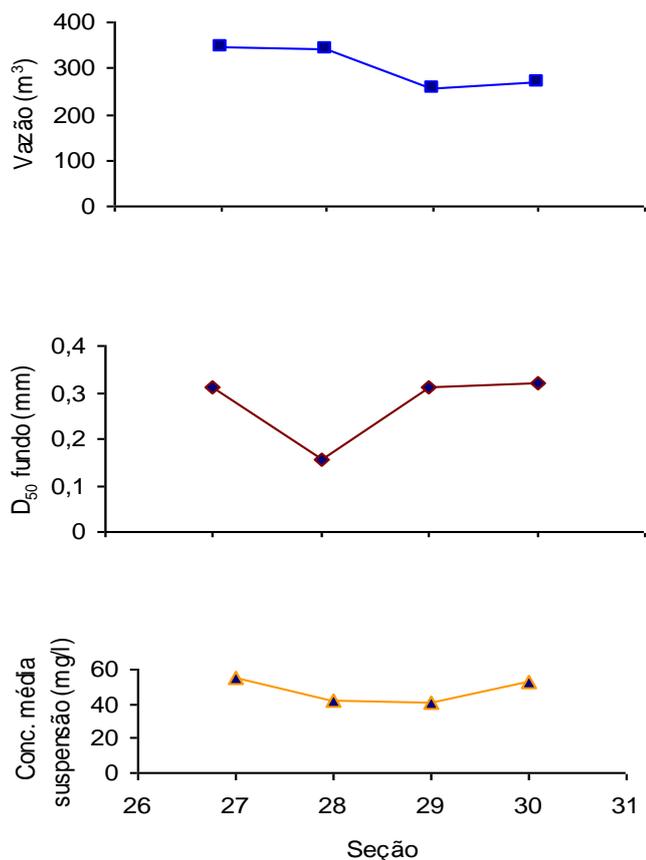


Figura 4 – Médias diárias de vazão, concentração de sedimentos em suspensão e de fundo nas seções 27, 28, 29 e 30 (Fonte: PCBAP Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – Hidrossedimentologia do Alto Paraguai do Alto Paraguai).

A proporção, relativamente alta de sedimentos finos de fundo pode ser atribuída a textura fina dos sedimentos entregue ao rio à capacidade de transporte de sedimentos de granulometria fina e facilidade de remobilização de sedimentos finos no próprio canal. Verificou-se, embora em pequena quantidade, a presença de cascalho nas seções 30 (1) e 29 (3). A origem desses sedimentos grosseiros, na seção 30, pode estar relacionada às superfícies urbanas expostas, da cidade de Cáceres e nas demais seções podem estar relacionadas ao escoamento superficial e a carga de sedimentos entregue pelos afluentes.

### 5.1.3. Acumulação de sedimentos na planície

O processo de sedimentação da planície fluvial ocorre, principalmente, devido ao extravasamento do rio Paraguai no período de cheias. No momento em que as águas

vão baixando, uma parte dos sedimentos não retorna ao canal principal, sendo depositada na planície. Os trabalhos de campo permitiram monitorar a sedimentação acumulada na planície, que variou de 5 a 9 cm (Tabela 3), sendo esses sedimentos, em sua maioria, de granulometria fina.

Tabela 3 – Espessura de acumulação de sedimentos na planície fluvial, obtidos por meio de estacas, nos três compartimentos do corredor fluvial, no período de 11 meses (setembro de 2001 a agosto 2002)

Compartimento	Ponto	Sedimento acumulado nas estacas (cm)
I	4	7
I	6	5
I	7	8
II	8	9
II	11	6
III	16	8

## 5.2. Morfologia do fundo do canal

A análise temporal do fundo do canal fluvial, nos anos 1979, 1987 e 2000, revelou a ocorrência de alterações na calha, em um trecho no compartimento I, sete trechos compartimento II e um trecho no compartimento III. As mudanças visualizadas são: diminuição da profundidade e surgimento de bancos de sedimentos laterais e centrais e barras submersas no canal fluvial. Estas geoformas fluviais originam-se de processos deposicionais de sedimentos, transportados durante o período das cheias, e depositados, principalmente, durante o período de estiagem, quando o rio perde sua capacidade de transporte.

### 5.2.1. Compartimento I

O canal apresenta sinuosidade acentuada (2.4) no compartimento I, com drenagem irregular e várias bifurcações (braços, furado, vazantes). Parte do fluxo é desviado para baías e lagoas; o talvegue apresenta uma trajetória sinuosa, com ângulo mais forte ao lado externo da curva côncava, alternando-se de um lado para outro do

canal fluvial; a profundidade do talvegue varia de 0.70 a 7.80 m (croquis da Marinha, de 1979), no período de estiagem (Figura 5).

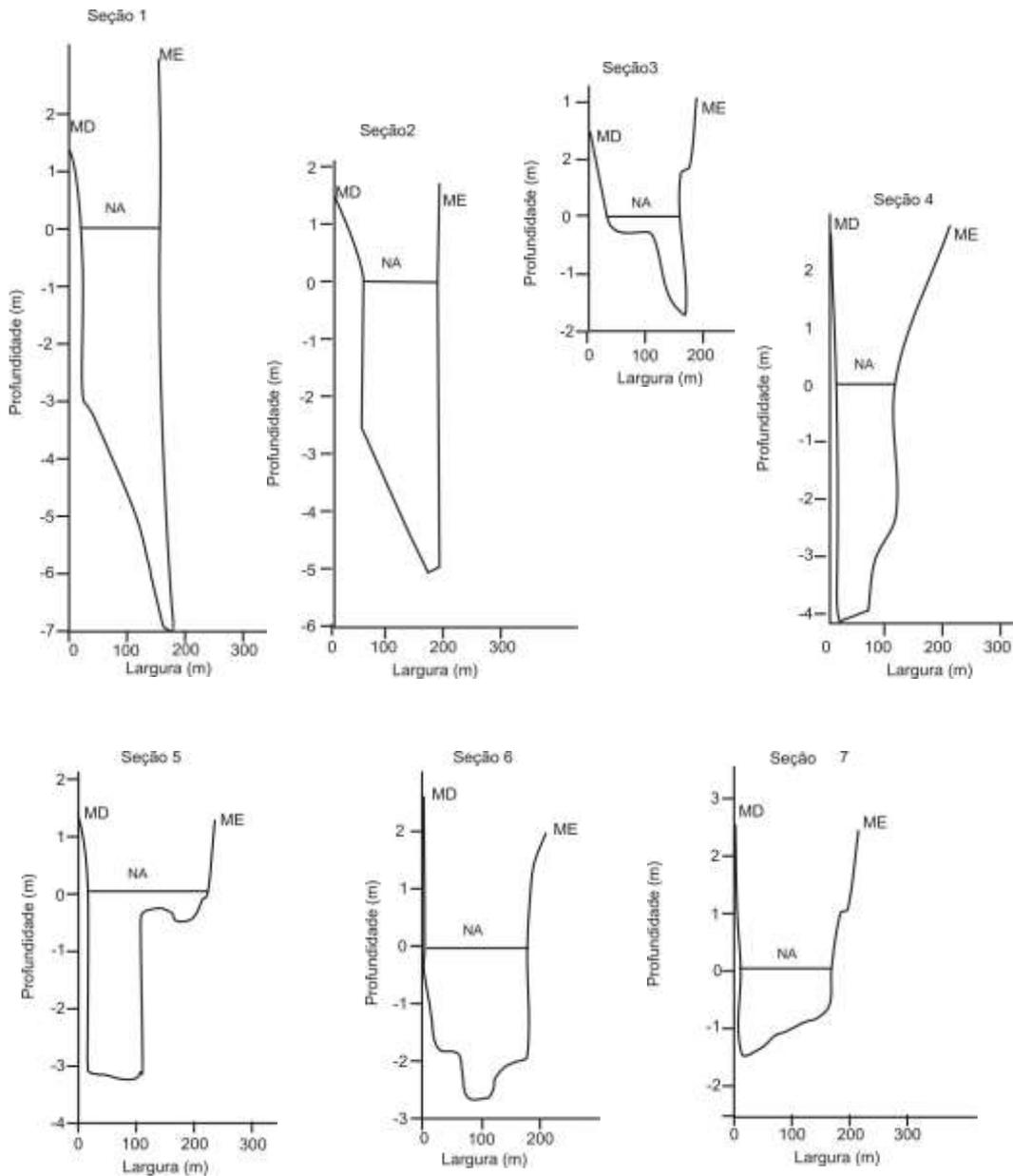


Figura 5 – Perfis transversais (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979).

A análise temporal, utilizando batimetria do Serviço de Sinalização Náutica da Marinha, na escala 1:10.000, não evidenciou mudanças expressivas na calha, constata-se que houve mudanças em alguns trechos devido ao rompimento do colo do meandro,

porém em único trecho, registrou-se mudança na profundidade, na posição do talvegue e além da formação de barra de sedimentos em toda calha (Figura 6).

Comparando os bancos de sedimentos nas laterais do canal nos anos de 2001 e 2002, durante os trabalhos de campo observaram que houve evolução dos mesmos em 2002. Neste compartimento a deposição de sedimentos pode estar relacionada, principalmente, a própria dinâmica do rio Paraguai, com seus processos de solapamento e desmoronamento das margens côncavas e redeposição a jusante nas margens convexas, sendo influenciado pela alternância entre períodos seco e chuvoso, que contribui para oscilação do nível da água.

Atualidade, a navegação de grandes embarcações (comboios), no período de estiagem, tem contribuído para aumentar a carga de sedimentos no leito. No período que o nível da água abaixa, as grandes embarcações encontram dificuldade para navegar e buscam os segmentos mais profundos, no caso, a margem côncava, que não possui largura suficiente para a passagem dos comboios, que acabam avançando sobre as margens, removendo sedimentos, desestabilizando a margem e tornando-a propícia à erosão.

Neste compartimento, registra-se uma certa estabilização na calha. A pequena quantidade de sedimentos, depositada no canal fluvial, pode ser devida às próprias características do corredor fluvial neste trecho, descrita abaixo:

- As baixas declividades da planície contribuem para que um volume grande de água e sedimentos transportados pelo rio Paraguai transborde nas planícies, durante o período das cheias, diminuindo, assim, a carga de sedimentos do leito;

- Neste compartimento ocorrem várias bifurcações, representadas pelos furados, braços e vazantes, que contribuem para desviar parte da água e sedimentos do canal principal;

- A maioria dos afluentes da margem esquerda do rio Paraguai deságua na planície de inundação, ou em lagoas e baías, sendo que a carga de sedimentos transportada por esses rios, geralmente, espalha-se na planície de inundação;

- As baixas declividades entrem a calha do rio Paraguai e as desembocaduras dos afluentes promovem refluxo, contribuindo para que parte do material transportado pelo rio Paraguai seja depositada no baixo curso desses afluentes.

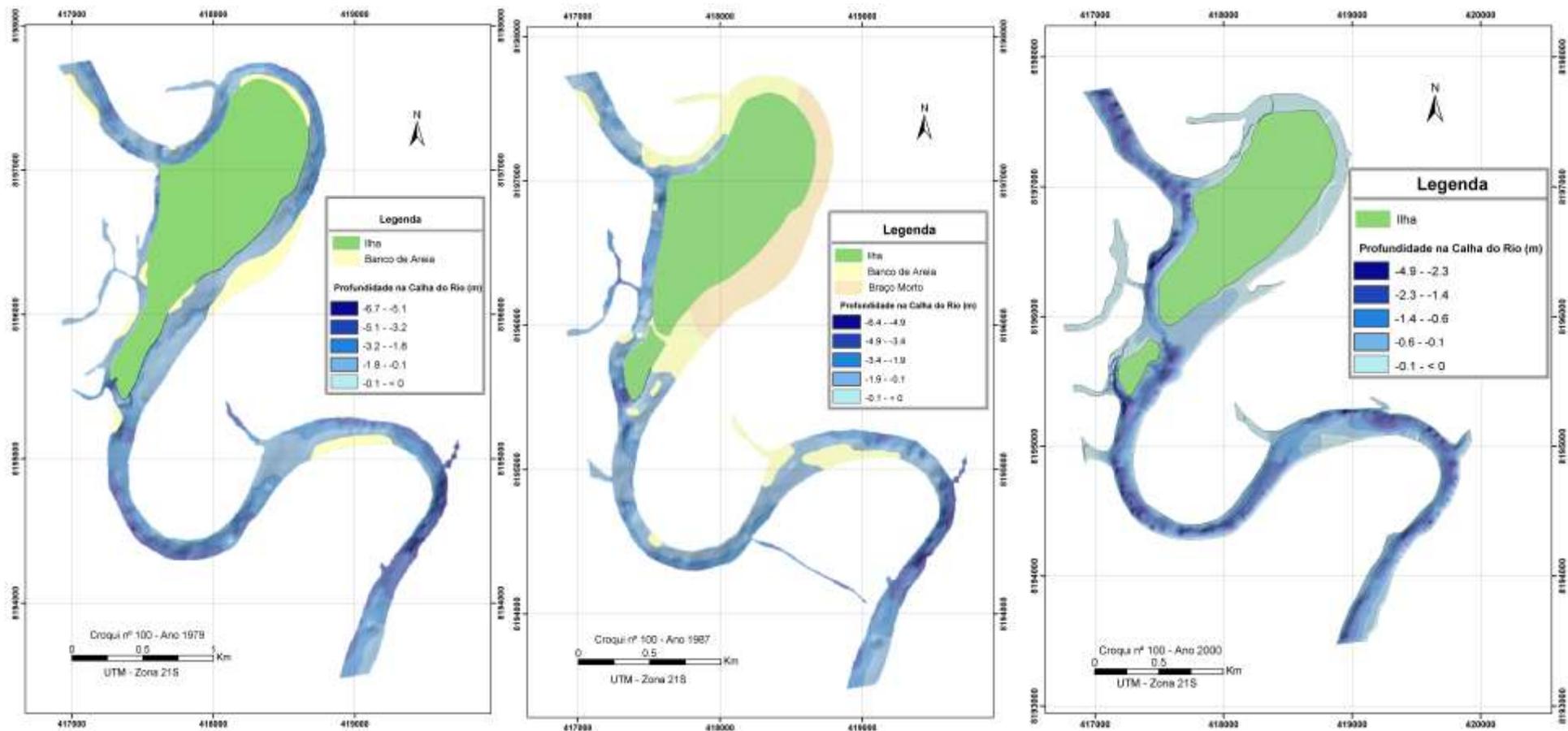


Figura 6 – Trecho 1, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento I.

## **Trecho 1**

Neste trecho, algumas alterações foram verificadas no canal fluvial, nos anos de 1979, 1987 e 2000. A análise comparativa entre 1979 e 1987 mostrou: acumulação de sedimentos no canal principal, formando uma barra arenosa; expansão de canal secundário (Jatobá), localizado no colo do meandro; surgimento de banco de sedimentos no km 2138 (sentido Corumbá-Cáceres); formação de um banco de sedimentos na margem esquerda, entre o km 2137 a 2136 (sentido Corumbá-Cáceres); o banco de sedimentos existente, anteriormente na margem esquerda, no passo Simão Nunes superior, expandiu-se para o centro do canal (Figura 6).

Em 2000, o canal Jatobá passou a ser o canal principal, com ocorrência de alargamento e aprofundamento. O banco de sedimentos, localizado entre o km 2137 e 2138 (sentido Corumbá-Cáceres), expandiu-se, ao passo que aquele à direita da ilha do Velho Jauru, no km 2114 (sentido Corumbá-Cáceres), aumentou o tamanho. O talvegue manteve seu percurso, com exceção do trajeto do canal no Jauru, que tornou-se canal principal, ocorrendo, ainda, a diminuição na profundidade do canal em todo o segmento (Figura 6).

### **5.2.2. Compartimento II**

Neste compartimento há uma presença expressiva de geoformas fluviais como ilhas, barras centrais e laterais, dentre outras, que formam obstáculos para o escoamento da água, promovendo constante modificação na trajetória do talvegue, ora encontrando-se nas margens, em seguida dirigindo-se para o centro do canal.

Durante os trabalhos de campo no período de estiagem (setembro de 2001 e agosto 2002), foi possível observar, ao longo do perfil longitudinal do compartimento II, inúmeras barras arenosas submersas. Em alguns setores do canal afloram alguns materiais resistentes como o arenito e pedra canga.

A presença das formas morfológicas nesses trechos e sua mobilidade estão, nitidamente, relacionadas à energia do fluxo, cuja velocidade média atinge 0,8m/s, e à baixa declividade que varia entre de 0,03 a 0,07 cm/km. Sua evolução pode ser atribuída à carga de sedimentos que alcança a calha.

O aumento da carga de sedimentos no leito pode ser atribuído a três fatores. O primeiro constituído pelas próprias características do corredor fluvial: a calha bem definida, possuindo controle estrutural; em trechos, afloramento rochoso; extensos diques marginais; e dimensão da planície de inundação, sendo menor na margem direita, em relação aos outros compartimentos. O segundo pode ser atribuído ao maior aporte de sedimentos provenientes do rio Jauru. O terceiro refere-se à dragagem de sedimentos.

As sucessivas fases de deposição de sedimentos aluviais deram origem aos diques marginais (alta instabilidade), distribuídos espacialmente ao longo do perfil longitudinal. Neste compartimento, a alternância entre períodos de cheia e estiagem favorece a flutuação do nível da água e remobilização desses sedimentos, especialmente quando o volume do fluxo aumenta, contribuindo, assim, para o armazenamento dos sedimentos no canal.

Nas últimas décadas, a bacia hidrográfica do rio Jauru, principal contribuinte de água e sedimentos para o rio Paraguai, sofreu ocupação intensa e desmatamentos próximos às nascentes e a vegetação ciliar, fato este que contribuiu para o aumento na carga de sedimentos no leito do rio Jauru, bem como para o deslocamento de sedimentos em direção ao rio Paraguai. No baixo curso, próximo à confluência com o rio Paraguai, o rio Jauru forma um leque fluvial, sendo os sedimentos grosseiros depositados mais próximos, enquanto os mais finos percorrem maior distância antes de serem depositados.

Os trabalhos de campo, realizados no período de estiagem, permitiram observar extensos diques marginais, nos trechos com menor controle estrutural, na margem esquerda do rio Paraguai. No período das cheias, esses diques são inundados, promovendo remobilização e deposição dos sedimentos no canal fluvial. No período de estiagem, as dragas (empresas que transportam grãos) removem os sedimentos do leito, lançando-os na planície de inundação ou sobre os diques marginais. O material retirado retorna, possivelmente, ao leito no próximo período de cheias, mas não necessariamente ao local de onde foi retirado.

Neste compartimento, registraram-se as maiores alterações no canal fluvial, tais como redução na profundidade do canal e assoreamento do leito, devido à formação de bancos de sedimentos e barras submersas (Figuras 7 e 8). Tais mudanças foram diagnosticadas nos croquis batimétricos referentes a 1979, 1987 e 2000, possibilitando a definição de sete trechos com ocorrência de modificações, conforme descrito a seguir.

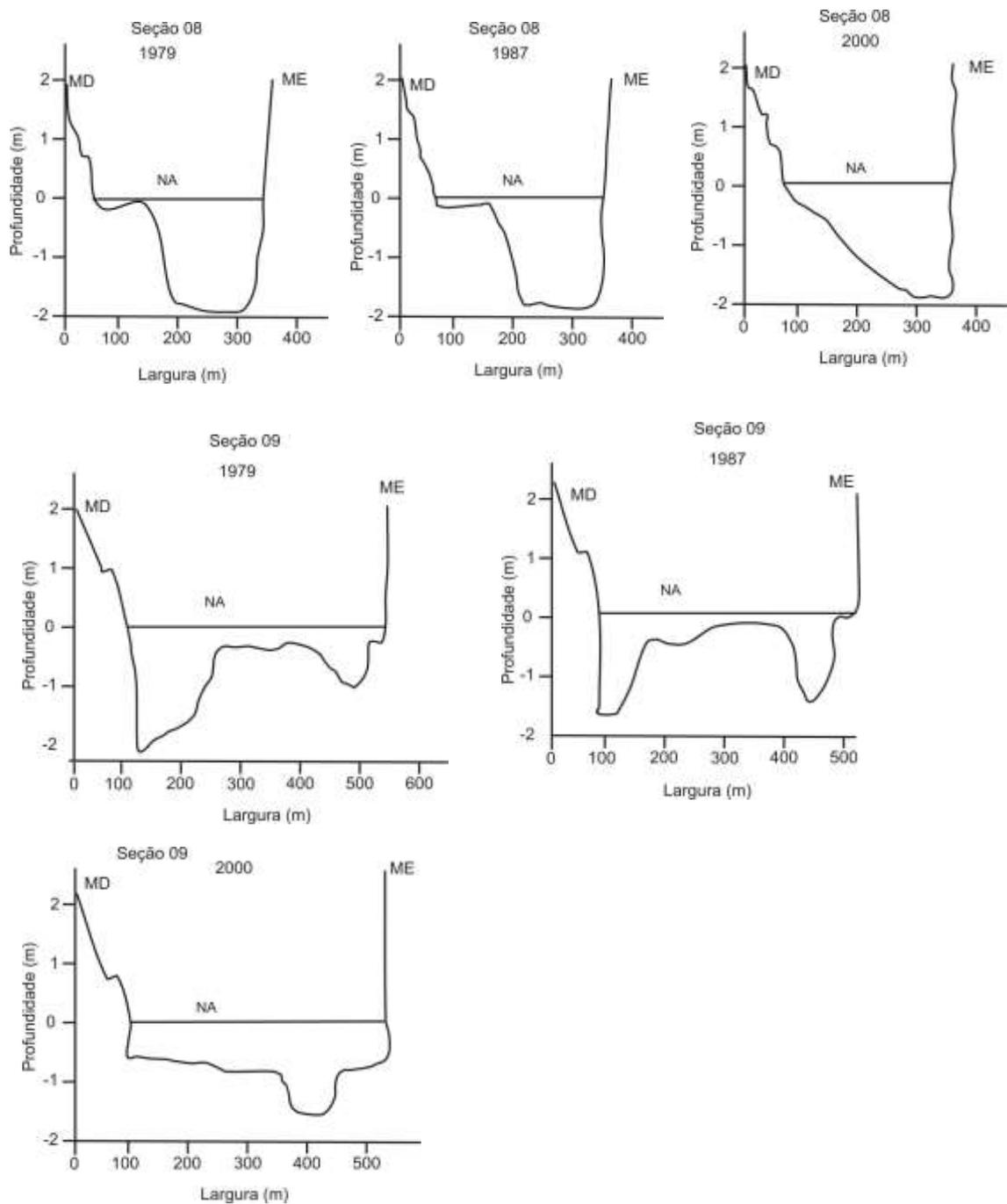


Figura 7 – Perfis transversais (8 e 9) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979, 1987 e 2000).

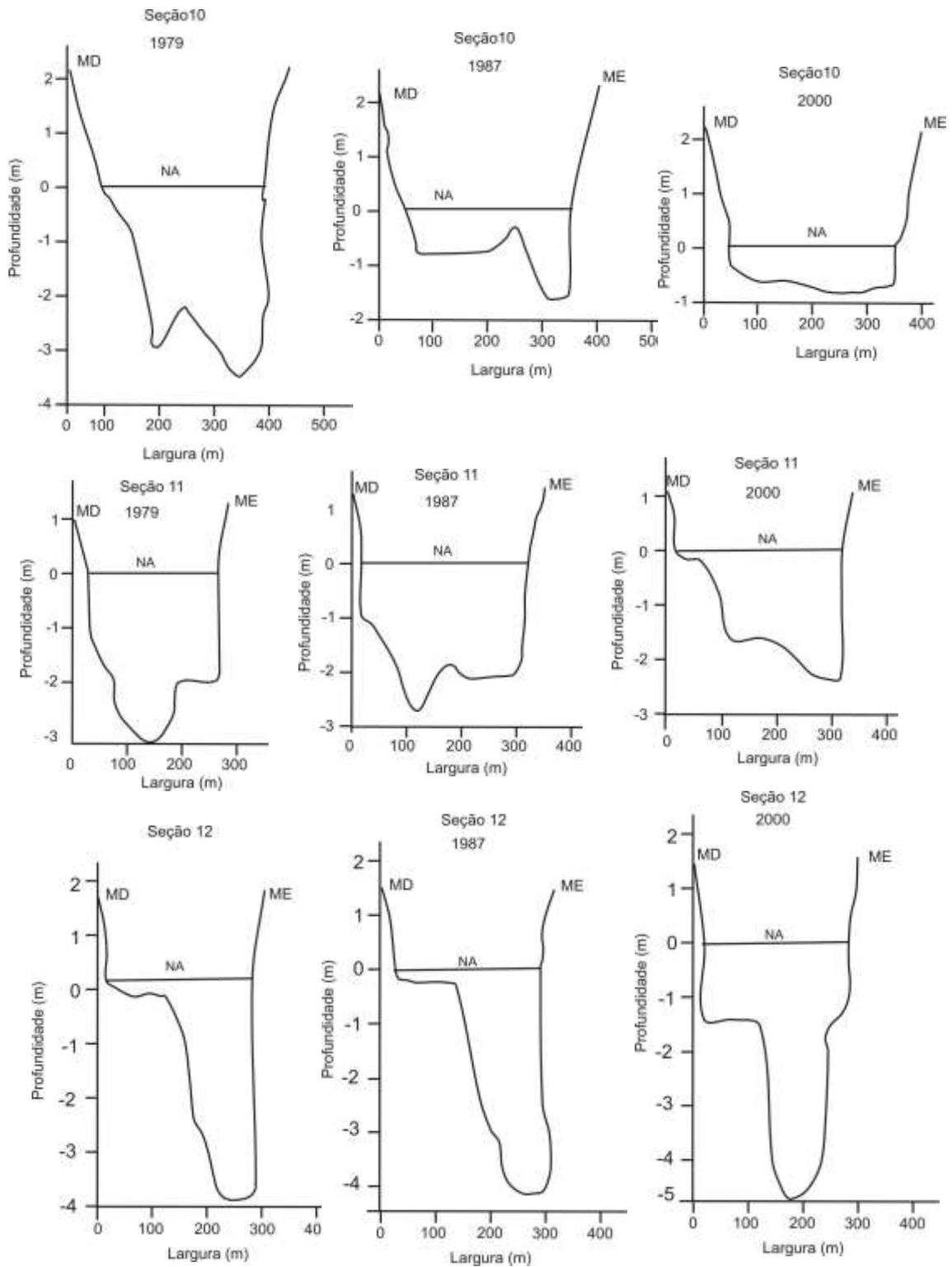


Figura 8 – Perfis transversais (10, 11 e 12) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979, 1987 e 2000).

## **Trecho 1**

Quanto aos aspectos do canal no trecho 1, referentes ao período 1979 a 1987, ocorreram algumas alterações, tais como: assoreamento da lateral direita da ilha Velho Jauru, entre os km 2123 e 2125 (sentido Corumbá-Cáceres); diminuição da profundidade à direita e abaixo da ilha Velho Jauru, pois, em 1975 a profundidade do canal variou de 3.70 a 4.10m, enquanto, em 1987, a profundidade do canal diminuiu, expressivamente, variando de 0.20 a 1.70; um banco de sedimentos surgiu na lateral da margem esquerda, entre o km 2122 a 2123 (sentido Corumbá-Cáceres); expansão da barra de centrais de sedimentos, ocorrendo, entre duas ilhas, a junção das barras e desaparecimento da ilha menor; acima da confluência do rio Jauru, houve mudanças na direção do talvegue, enquanto o trecho abaixo da confluência do rio Jauru com o talvegue manteve seu percurso (Figura 9).

Em 2000, registrou-se a evolução da área assoreada (barra submersa) à direita da ilha Velho Jauru, também foram observadas pequenas alterações na trajetória do talvegue.

## **Trecho 2**

Nos registros referentes ao fundo do canal fluvial no trecho 3, no período de 1979 a 1987, apresentaram algumas alterações no canal fluvial, tais como: assoreamento das laterais da ilha Cambará, expandindo-se até à margem direita; o talvegue que, anteriormente, encontrava-se na margem direita, passou para a margem esquerda; e na margem direita, no km 2118 (sentido Corumbá-Cáceres), surgiu um pequeno banco de sedimentos (Figura 10).

Algumas alterações no canal fluvial foram identificadas, em 2000. A barra submersa de sedimentos, existente anteriormente à esquerda da ilha Pote, evoluiu aumentando sua dimensão consideravelmente, expandindo-se até à margem esquerda; a área assoreada de sedimentos abaixo da ilha Pote aumentou em tamanho; e ocorreu expansão da área assoreada, existente no entorno da ilha Cambará (Figura 10).

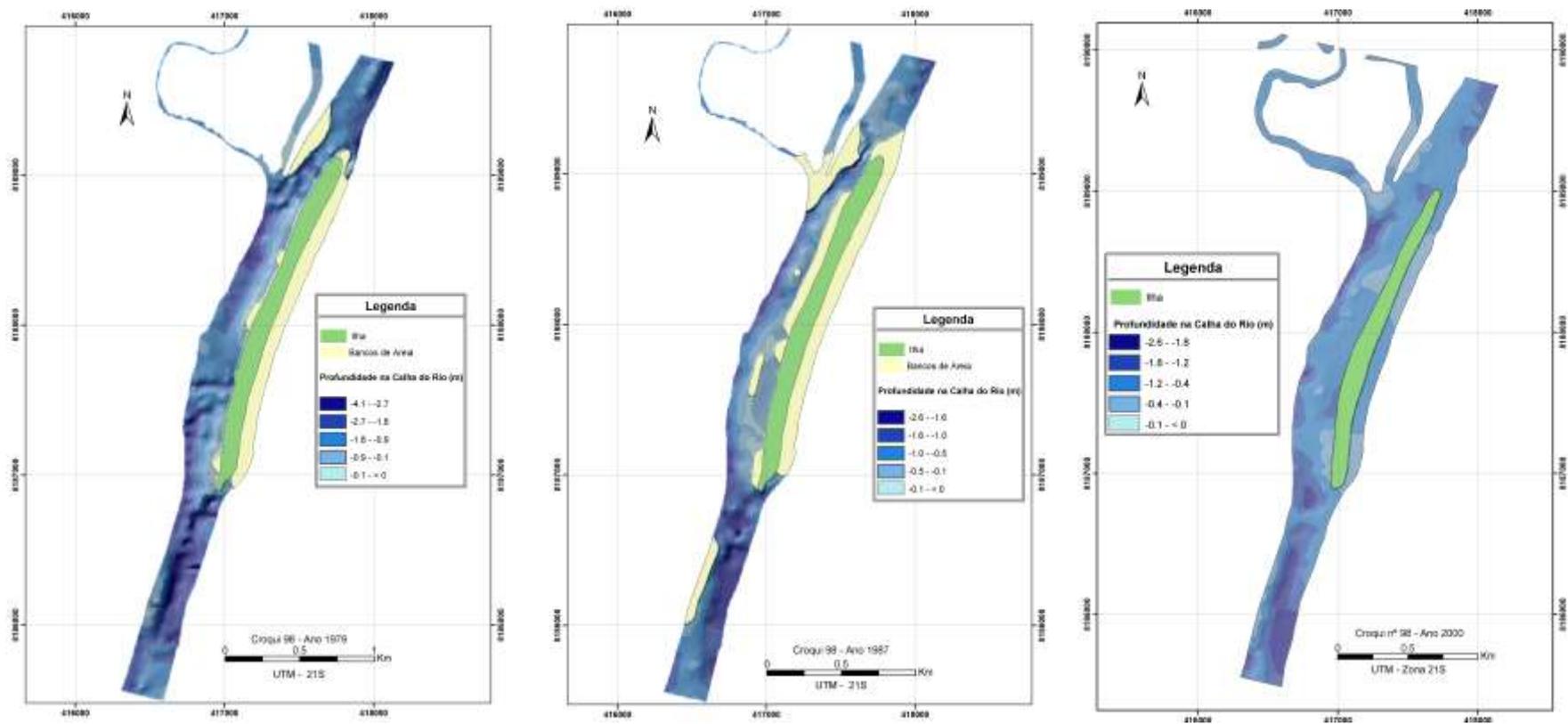


Figura 9 – Trecho 1, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

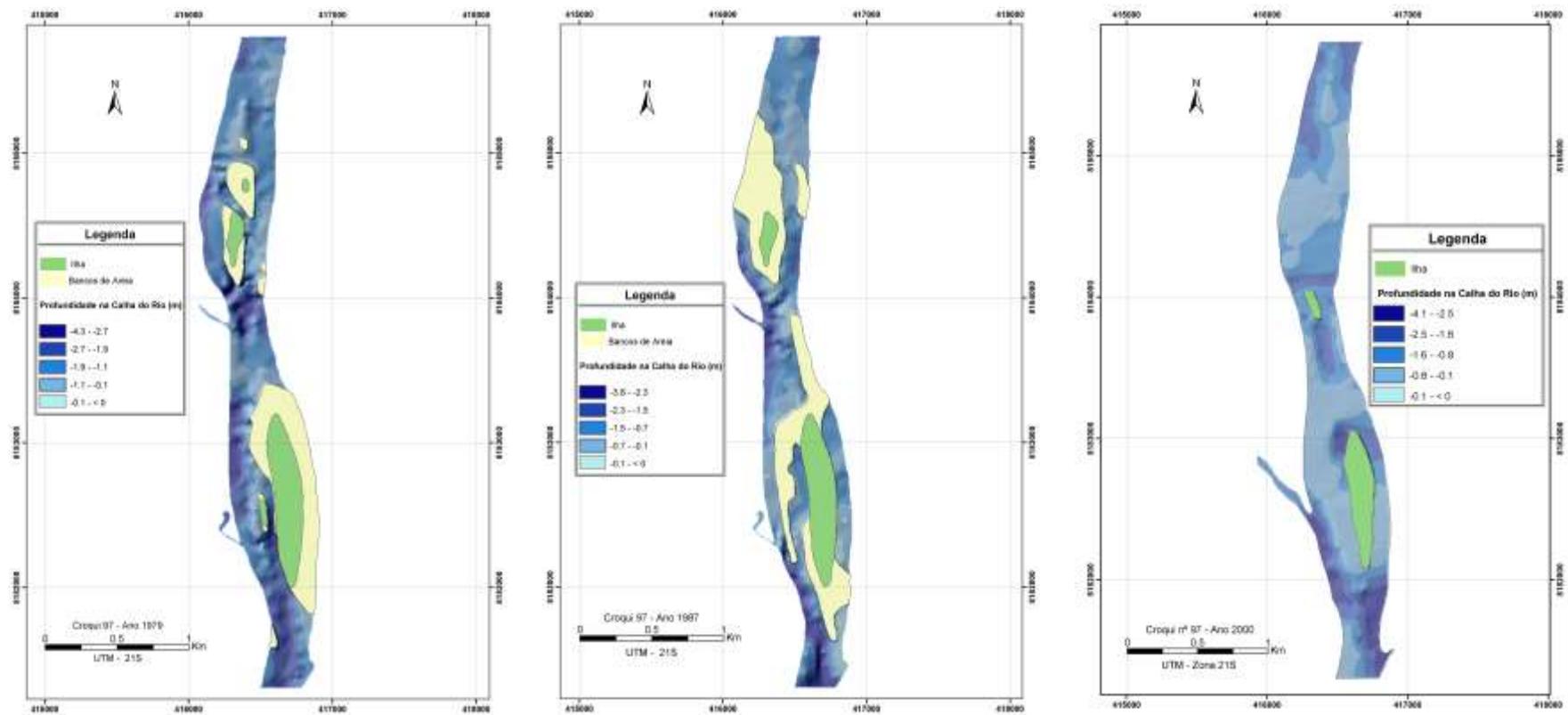


Figura 10 – Trecho 2, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

### **Trecho 3**

O trecho 3 sofreu algumas alterações consideráveis, o que é verificado ao comparar o aspecto da calha nos anos 1979, 1987 e 2000. As alterações mais expressivas no canal fluvial, diagnosticadas em 1987, foram: aumento na extensão e diminuição na largura do banco de sedimentos, localizado na margem direita no Passo do Tucum; surgimento de banco de sedimentos à esquerda da ilha Tucum, evoluindo em direção à margem esquerda do canal fluvial; aumento na extensão do banco de sedimentos na lateral da margem direita, entre o km 2115 (sentido Corumbá-Cáceres) e a ilha do Soldado Superior; o banco de sedimentos encontrado, anteriormente, acima da ilha do Soldado Superior evoluiu para barra submersa; e surgimento de um banco de sedimentos na lateral da margem esquerda, à esquerda da ilha do Soldado Superior. Vale ressaltar que, neste segmento, foram registradas as maiores alterações na direção do talvegue, juntamente com diminuição na profundidade da lâmina de água (Figura 11).

Quanto às alterações registradas em 2000, destacam-se: expansão da área assoreada, abaixo da ilha do Soldado Superior; evolução da porção assoreada, localizada na lateral da margem esquerda entre o Passo do Soldado e a ilha Tucum; o banco de sedimentos, anteriormente existente na margem direita, no Passo do Tucum tornou-se uma barra submersa; expansão do banco de sedimentos acima e abaixo das ilhas Tucum Superior e Tucum Inferior; a esquerda da ilha do Tucum Inferior formou-se uma barra submersa de sedimentos, que estendeu-se até à margem esquerda; e o talvegue sofreu pequenas alterações em sua direção, quando o nível da água diminuiu de profundidade (Figura 11).

### **Trecho 4**

A batimetria de fundo, realizada nos anos de 1979 e 1987, possibilitou registrar várias alterações no canal, tais como: formação de bancos de sedimentos nas margens da ilha do Soldado Inferior; o banco de sedimentos, que encontrava-se à margem esquerda da ilha do Soldado Inferior, avançou até à margem esquerda, cobrindo todo o canal; à direita da ilha do Soldado Inferior, ocorreu o aprofundamento do canal, que, anteriormente, variava de 0.30 a 1.30m e aprofundou-se para 1.80 a 2.50m; formação de um extenso banco de sedimentos, na margem direita, devido à junção de dois bancos e deposição de sedimentos; surgimento de um extenso banco de sedimentos, na parte central do canal, entre os km 2112 e 2110 (sentido Corumbá-Cáceres), no Passo Vermelho (Figura 12).

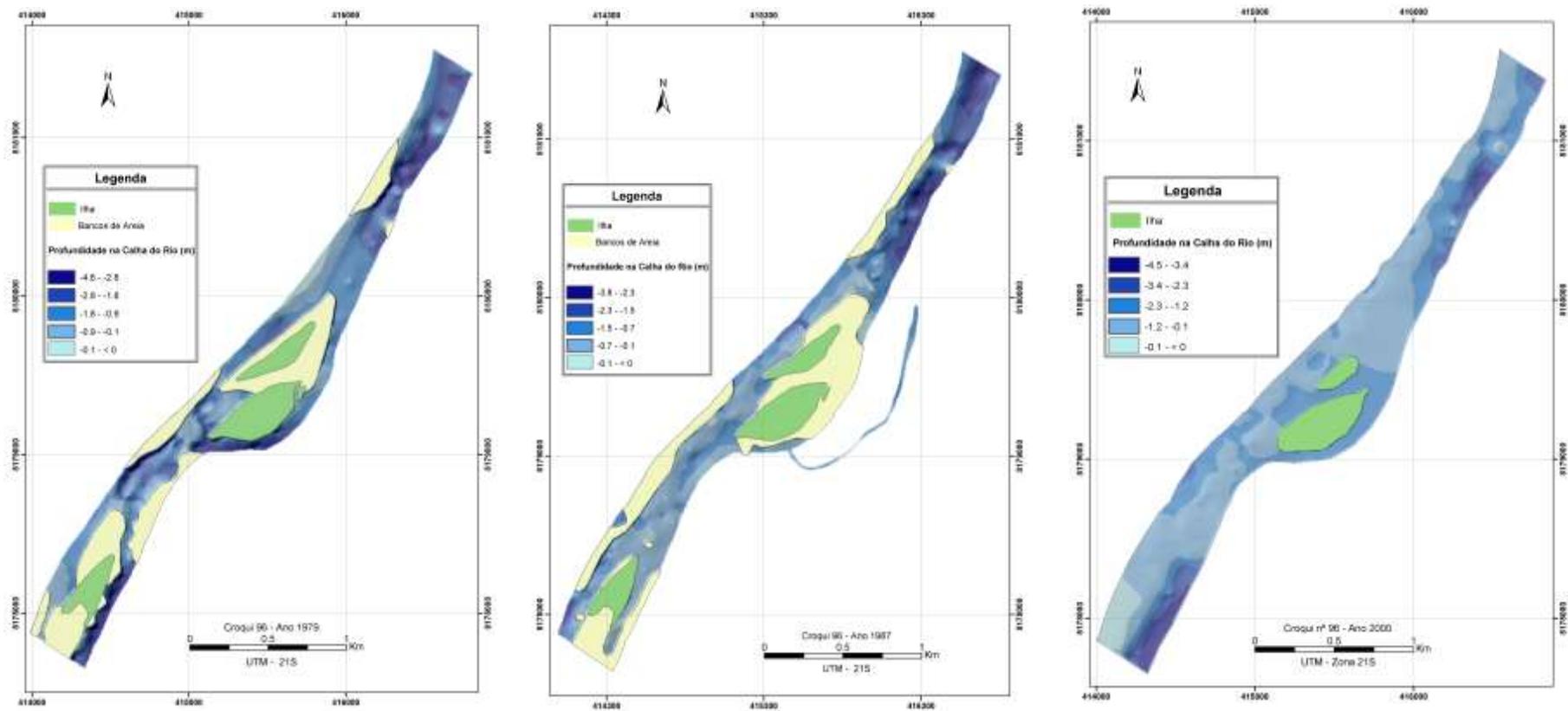


Figura 11 – Trecho 3, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

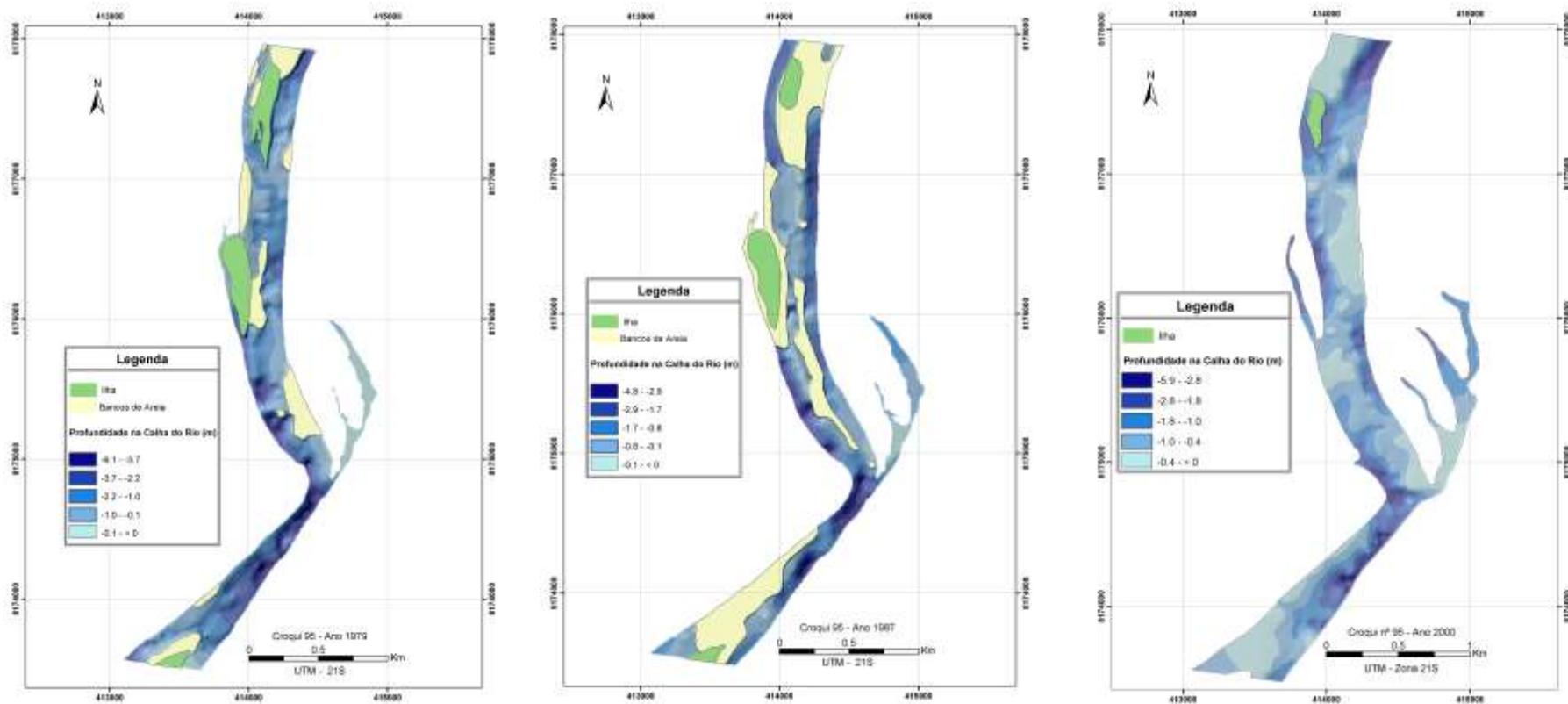


Figura 12 – Trecho 4, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

Em 2000, a deposição de sedimentos acima da ilha Pote aumentou a área assoreada, localizada na parte central do canal, expandiu-se até à margem esquerda entre os km 2110 e 2112 (sentido Corumbá-Cáceres); surgiu um banco de sedimentos na lateral do canal, na margem direita entre os km 2110 e 2111 (sentido Corumbá-Cáceres); e entre o km 2109 e 2110 (sentido Corumbá-Cáceres), formou-se uma barra-submersa na parte central do canal. (Figura 12).

### **Trecho 5**

Uma comparação do fundo do canal, entre os anos 1979, 1987 e 1999, mostra algumas alterações no canal fluvial, no trecho 5. Em 1987, as seguintes mudanças ocorreram na calha do rio: aumento no banco de sedimentos à montante da ilha Barranco Vermelho e na lateral à direita; diminuição na profundidade das margens, ou seja, na margem esquerda, a profundidade do canal, que em 1979 era de 3.2 a 3.8m reduziu para 0.10 a 2.4m, enquanto, na margem direita era 1.0 a 2.20m e reduziu para 0.10 a 0.60m; desaparecimento do banco de sedimentos, que encontrava-se na margem direita, no km 2106; surgimento de um banco de sedimentos, na margem direita, entre os km 2106 e 2107 (sentido Corumbá-Cáceres), sendo que, neste trecho, a profundidade do talvegue alterou de 0.6 a 2.90m para 0.40 a 2.0m; ocorreu a anexação de vários bancos de sedimentos espalhados; assoreamento de quase todo o canal, onde se observam banco de sedimentos e barras submersas; a profundidade do canal na margem direita que era 3.80 a 5.4m, reduziu para 0.40 a 1.10m (Figura 13).

Em 2000, registrou-se a expansão de sedimentos na margem esquerda, em direção à parte central da calha do rio; no Passo do Beijudo, houve expansão de área assoreada à direita da ilha Barranco Vermelho até à margem direita (Figura 13).

### **Trecho 6**

Neste segmento, a calha do rio possui controle estrutural na margem esquerda, à esquerda da ilha Beijudo. A análise comparativa entre os anos 1979 a 1987 mostra algumas mudanças relevantes, tais como: surgimento de banco lateral de sedimentos, na margem esquerda, com extensão de 900m e largura variando de 50 a 120m; aumento do banco de sedimentos, à direita da ilha do Beijudo; expansão da área do banco de sedimentos à montante da ilha Baiazinha e parte da ilha é assoreada; aprofundamento do

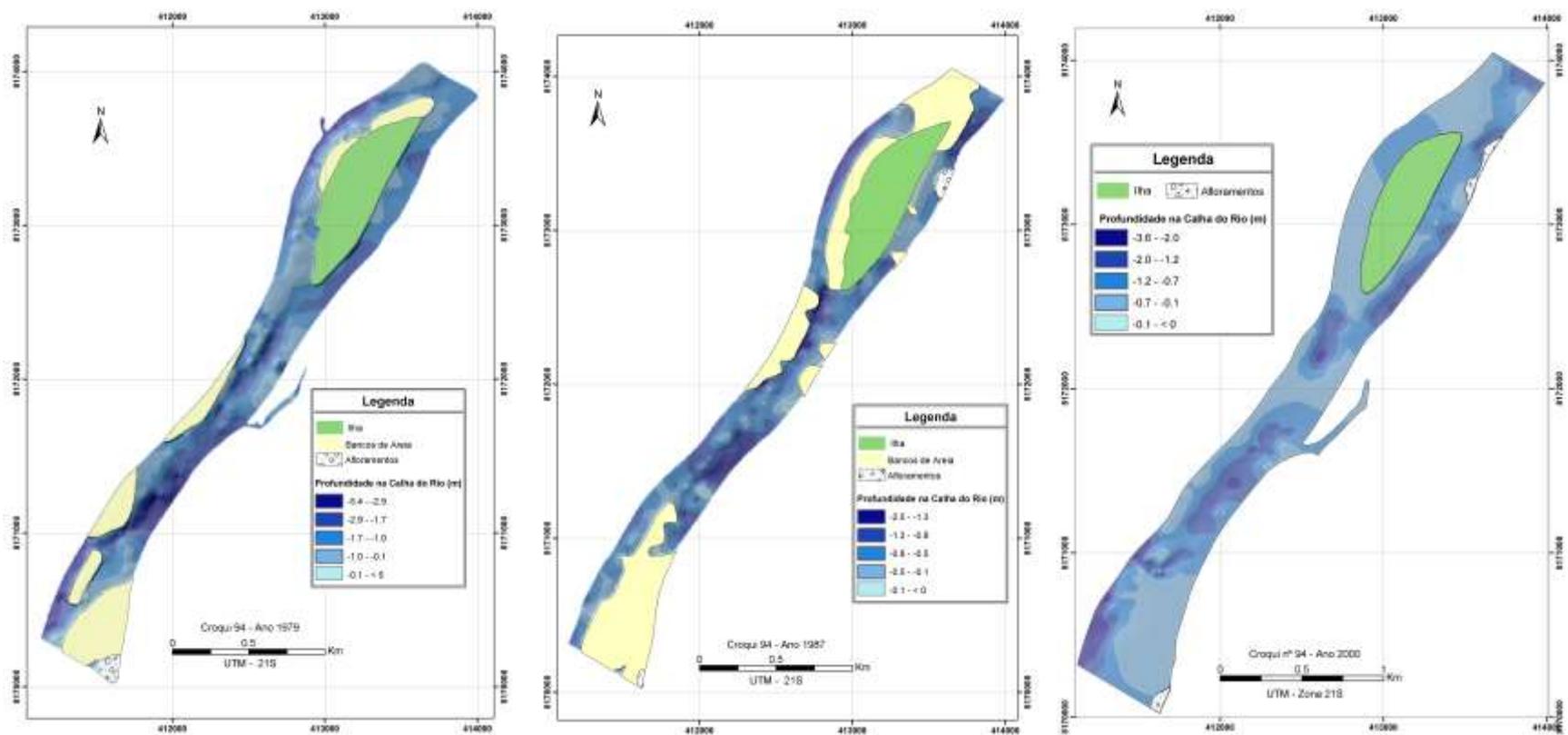


Figura 13 – Trecho 5, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

canal, na margem direita da ilha Baiazinha; e os sedimentos que anteriormente encontrava-se na margem direita da ilha, foram remobilizados e depositados a jusante, formando um novo banco de sedimentos na lateral do canal, na margem direita (Figura 14).

Quanto ao aspecto do canal fluvial, nos anos 1987 e 2000, evidenciam-se várias alterações sofridas, em 2000: algumas barras submersas de sedimentos surgiram, nas laterais e na parte central do canal; alguns bancos de sedimentos existentes, próximo à ilha do Beíçudo, aumentaram sua dimensão; o rio diminuiu sua profundidade em todo seu leito, no trecho à esquerda da ilha Baiazinha; em 1987, a profundidade do canal variava de 0.80 a 5.79m, enquanto, em 2000 a profundidade do canal variava de 0.20 a 1.70m; e o talvegue manteve seu percurso anterior, ocorrendo algumas alterações abaixo da ilha Baiazinha (Figura 14).

### **Trecho 7**

No trecho 7, o rio possui controle estrutural, na margem esquerda, no trecho próximo à serra Morrinho. Em relação aos aspectos da calha entre 1979 e 1987, algumas mudanças foram observadas, referentes a 1987 (Figura 15). O bracinho superior, que antes era intermitente, evoluiu para um canal secundário; o bracinho inferior, que anteriormente não possuía uma ligação entre os dois pontos do colo do meandro, posteriormente foi ligado, devido à junção entre o braço, uma baía e, possivelmente, escavação de um trecho.

A largura do canal aumentou entre o km 2085 e 2086 (sentido Corumbá-Cáceres). No canal principal, houve aumento na dimensão da ilha do Rio Velho e alguns bancos de sedimentos foram formados. No trecho entre os km 2086 e 2065 (sentido Corumbá-Cáceres), houve aumento na largura do canal e surgiu uma ilha fluvial vegetada na parte central do canal. Entre os km 2090 e 2086 (sentido Corumbá-Cáceres), o talvegue manteve o mesmo percurso, com algumas oscilações em termos de profundidade do canal, entre um período e outro (Figura 15).

Algumas alterações foram observadas, no ano 2000. Ocorreu ajustamento do canal na curva do meandro. No ponto de inflexão do canal que existia, em 1987, um canal estreito e pouco profundo, em 2000, o canal evoluiu aumentando sua largura e profundidade, tornando-se o canal principal. O antigo canal é assoreado quase totalmente, diminuindo a profundidade, devido à estabilização de banco de sedimentos. Nos demais trechos, o talvegue mantém o mesmo percurso (Figura 15).

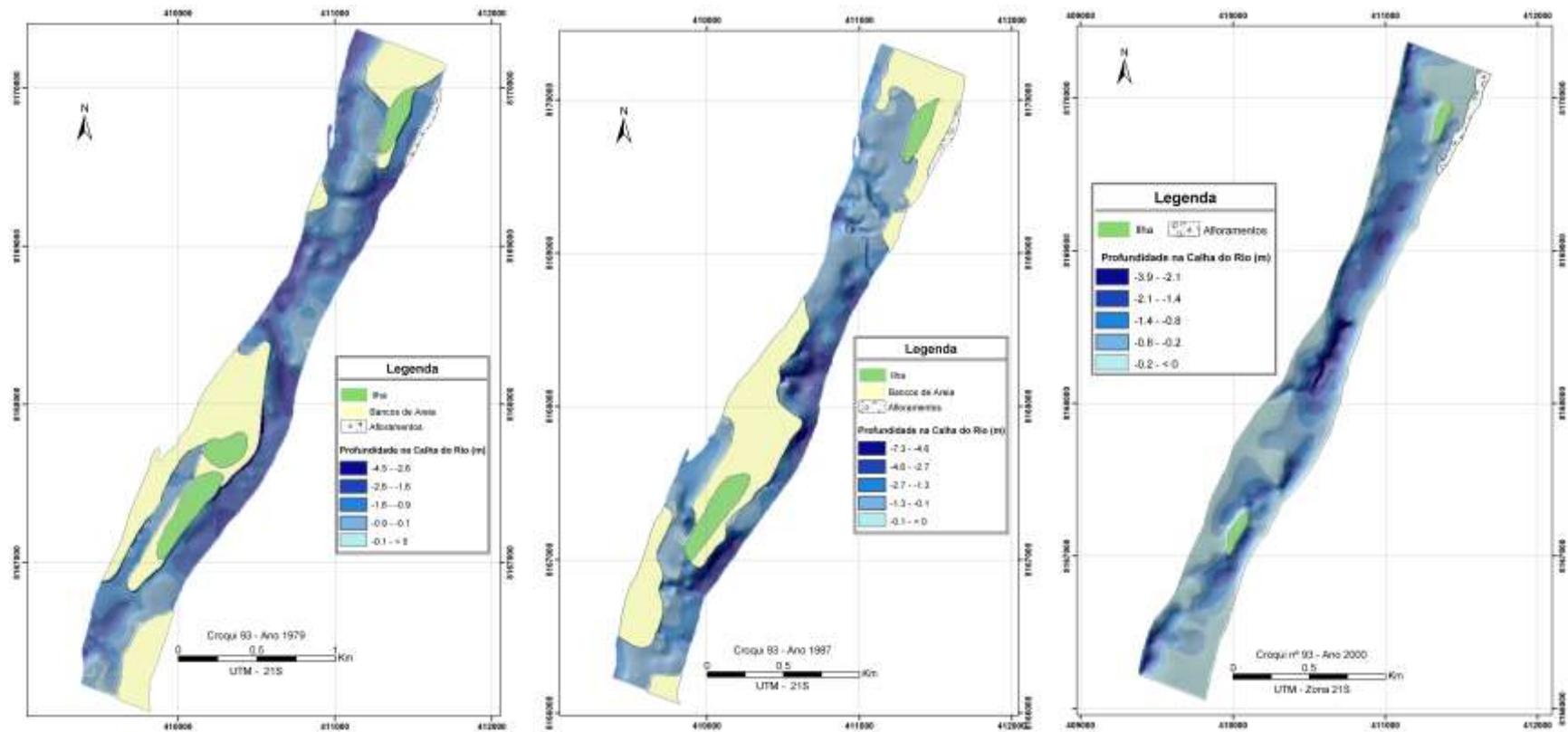


Figura 14 – Trecho 6, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

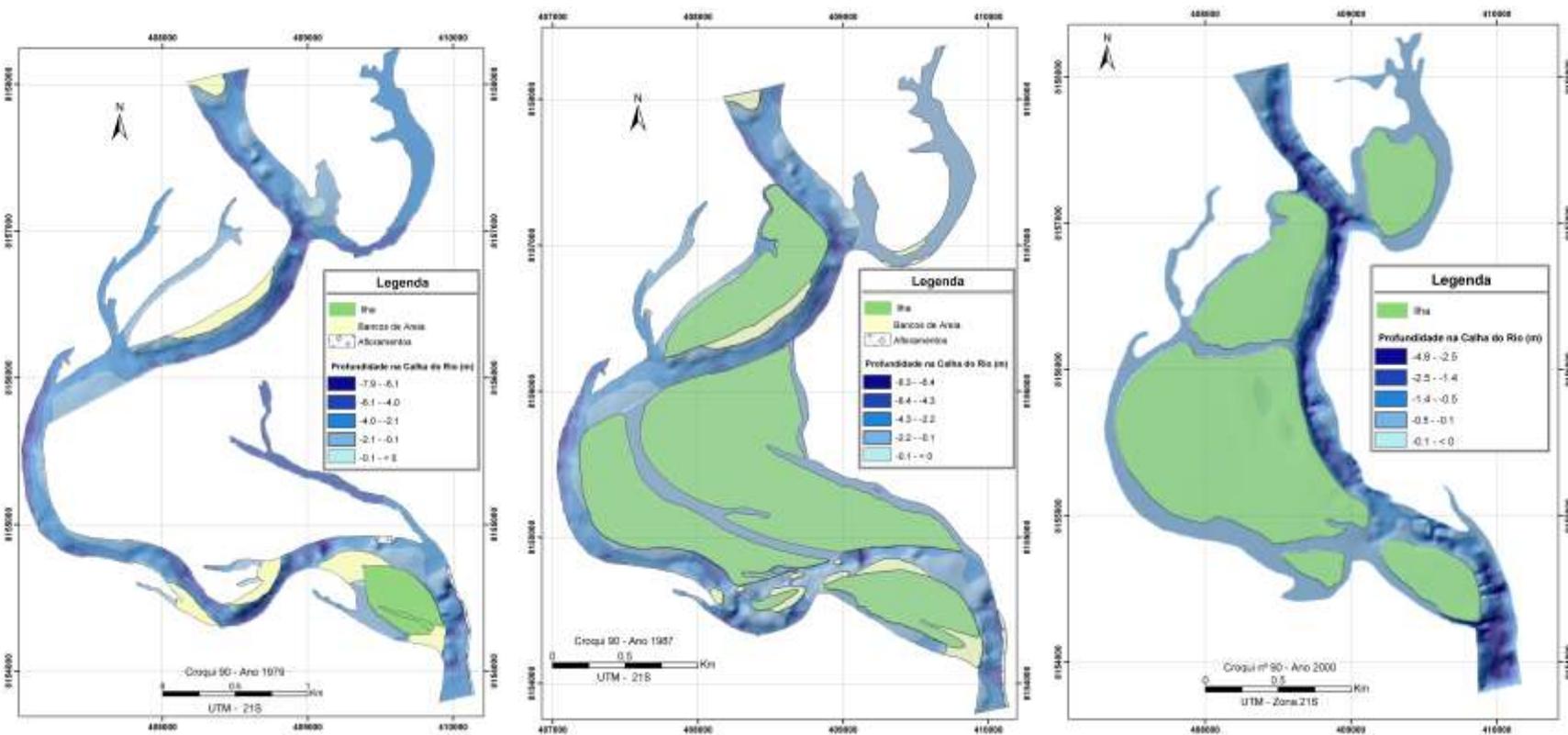


Figura 15 – Trecho 7, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento II.

### **5.2.3. Compartimento III**

Corresponde ao compartimento mais alagado, em relação aos outros, com exceção da área correspondente à sede da fazenda Descalvado, na margem direita, e Serra Morrinhos na margem esquerda. As áreas alagadiças ultrapassam a planície fluvial do rio Paraguai, devido às condições típicas do Pantanal. Alguns estudos consideram este compartimento como o início do Pantanal Mato-Grossense propriamente dito, onde algumas áreas permanecem alagadas o ano todo, proporcionadas pelo lençol freático subaflorante.

A análise temporal (1979, 1987 e 2000), baseada nos croquis da Marinha, na escala de 1:10.000, mostrou mudança expressiva em um segmento.

#### **Trecho 1**

No trecho 1, o rio possui controle estrutural na lateral da margem esquerda. Este controle abrange o trecho onde o rio entalha, próximo à serra Morrinhos, estendendo até a ilha do Morro Pelado. A análise temporal (1979, 1987 e 2000) permite constatar algumas alterações no traçado do canal, resultante do assoreamento, tais como: trechos com bancos de sedimentos e barras submersas, que são tipos de deposição que acontecem nas laterais do canal e na parte central (Figura 16).

No ano de 1987 registraram as seguintes mudanças no canal: evolução do banco de sedimentos acima e à direita da ilha Morro Pelado, com expansão do leito até à margem direita; remoção do banco de sedimentos, existente no km 2080; e diminuição na profundidade do talvegue no km 2081 (sentido Corumbá-Cáceres), passando de 3.40 a 3.70 para 1.90 a 2.40m.

Comparando as condições do canal fluvial, nos anos 1987 e 2000, observam-se algumas alterações no leito, ocorridas em 2000, como: formação de uma barra submersa, na parte central do leito, no trecho da serra Morro Pelado; aumento na dimensão sedimentação, acima da ilha Morro Pelado; surgimento de barra submersa, no trecho do Passo Presidente, expandindo-se até o meio do canal Fluvial.

A pequena quantidade de sedimentos depositada na calha do rio Paraguai, em outros trechos deste compartimento, pode estar associada ao número reduzido de afluentes, que deságuam no canal fluvial, sendo, em sua maioria, cursos intermitentes. Poderia, ainda, ser atribuídas a diminuição da carga de sedimentos transportada e à dinâmica de transbordamento de água e sedimentos para a planície de inundação, durante o período das cheias.

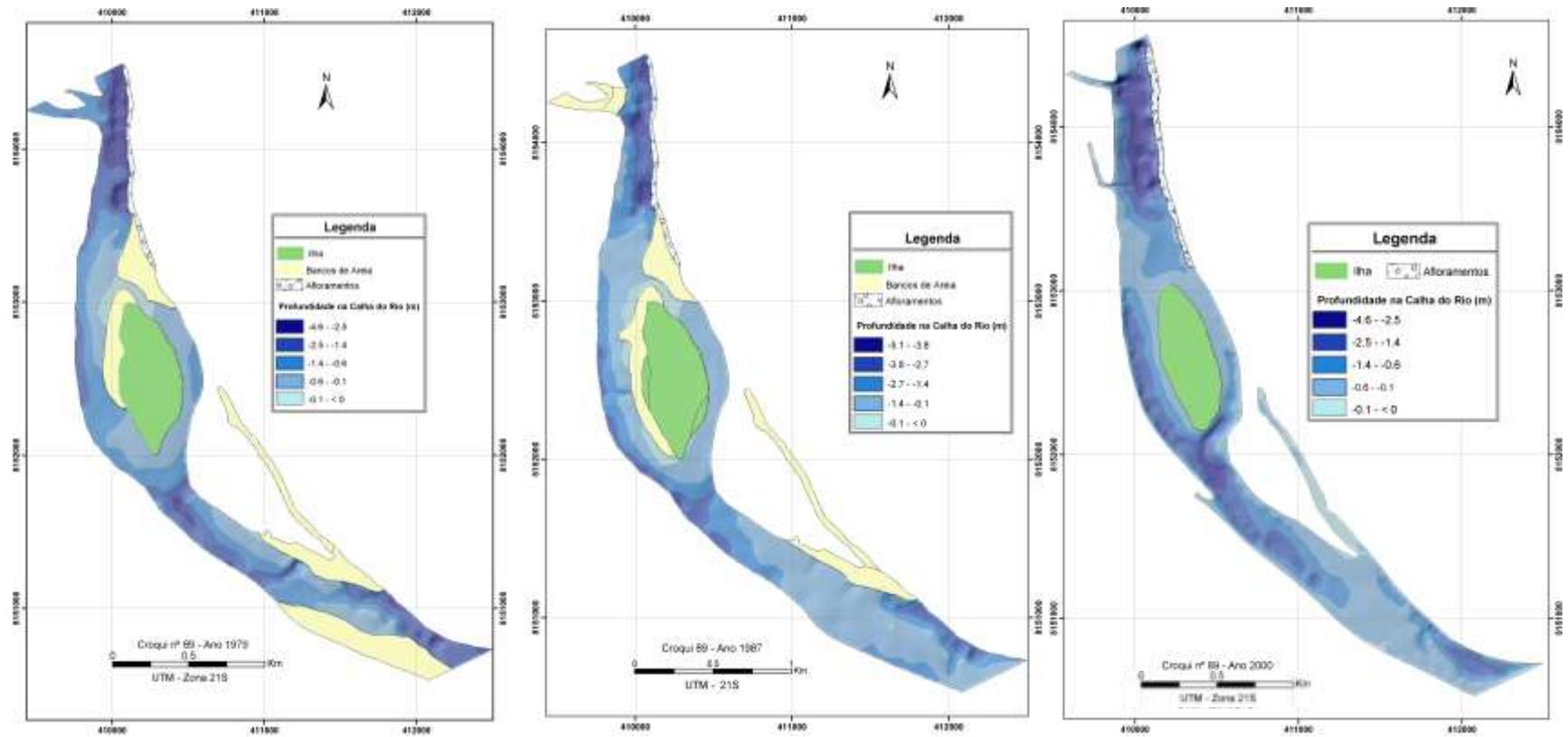


Figura 16 – Trecho 1, anos 1979, 1987 e 2000, compartimento III.

Os perfis batimétricos transversais mostraram a diminuição da largura e o aumento da profundidade do rio. Neste compartimento, verificam-se essas evidências a partir da seção 14. A largura do canal, no nível da água (nas seções 14, 15, 16 e 17) varia de 180 a 310 m de profundidade do leito varia de 0,10 a 3,95 m (Figura 17).

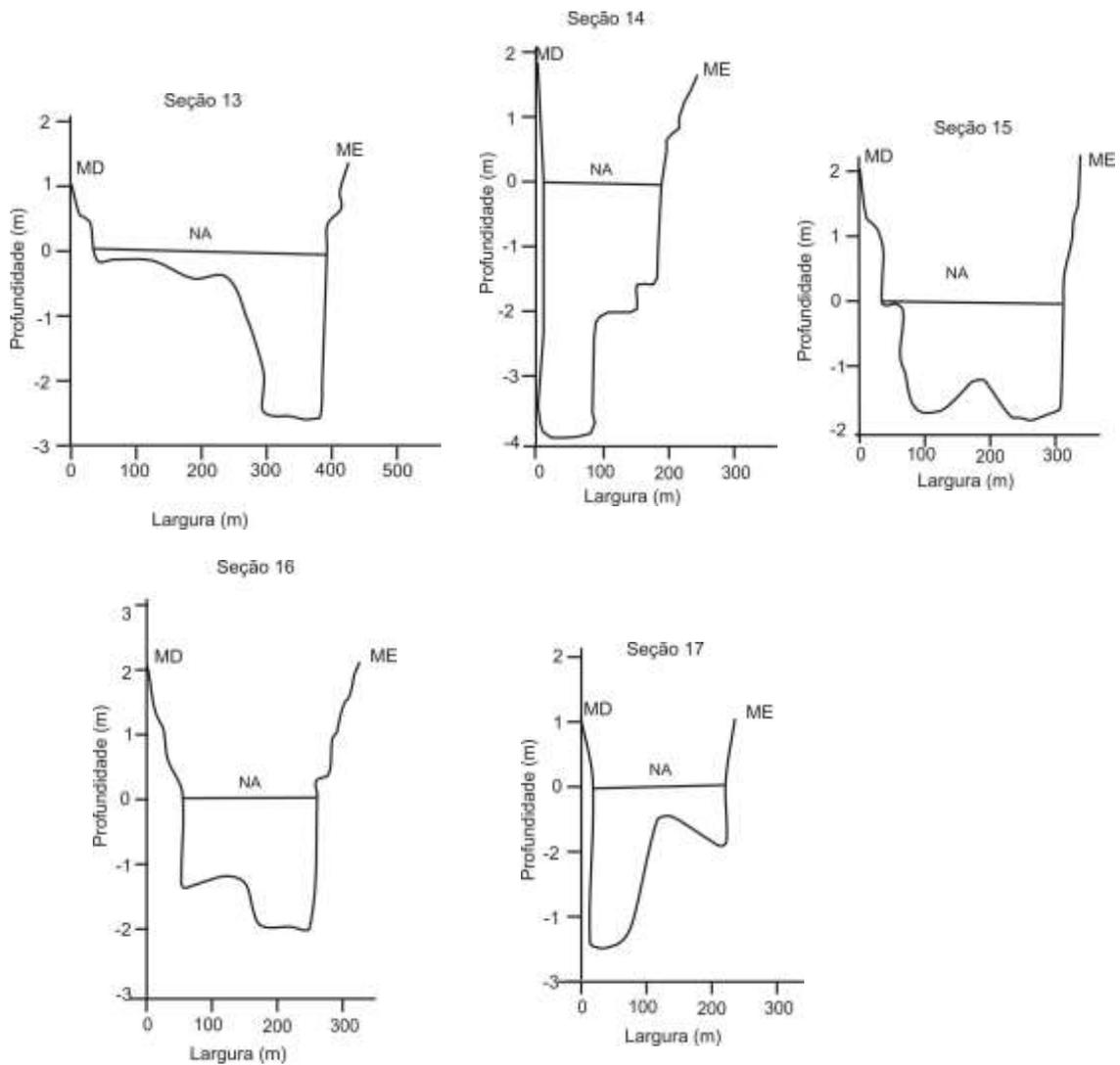


Figura 17 – Perfis transversais (13, 14, 15 e 16) (Fonte: seções monitoradas e croqui da Marinha, 1979).

## 6. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Nesta etapa, ocorreram algumas dificuldades na realização da pesquisa, principalmente em relação à geração e disponibilidade de dados sobre o transporte de sedimentos sólidos em suspensão e de fundo. Ao buscar informações sobre estações de monitoramento de transporte de partículas no rio Paraguai, constatou-se sua inexistência. Como a geração de dados requer tempo e suporte financeiro, optou-se pelos dados gerados PCBAP (1997), que não representam alterações temporais, mas constituem dados diários de uma única época, bem como pelos dados não publicados do CPRM, que estão disponibilizados, referentes alguns anos. Ressaltam-se, aqui, as ricas informações batimétricas da calha disponibilizada pela Marinha.

Comparando os dados de vazão e carga sólida no rio Paraguai, observa-se que o aumento da carga sólida coincide com o aumento do volume em descarga líquida. O maior volume de descargas líquida e sólida ocorre nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Entretanto, esta maior quantidade transportada de sedimentos sólidos estende-se até o mês de junho; possivelmente, parte dos sedimentos transbordados na planície de inundação retorna ao canal fluvial, neste período.

A análise temporal evidenciou as alterações ocorridas, especialmente em alguns segmentos dos compartimentos I, II e III. As mudanças mais significativas no leito foram: transferência do trajeto do talvegue; diminuição na profundidade do canal; assoreamento do canal, com formação de bancos de sedimentos; barras submersas; e expansão de alguns bancos existentes.

É provável que as alterações registradas na calha do compartimento II, estejam associadas aos seguintes fatores: (a) aumento na carga de sedimentos, oriundos do afluente principal do Paraguai, ou seja, rio Jauru que deságua em sua margem direita, que nos últimos anos esta sofreu um processo de ocupação intensa, em toda sua bacia hidrográfica; (b) processo de remobilização de sedimentos das margens e dos diques marginais; (c) sedimentos transportados pelo rio Paraguai; e (d) pelas próprias características, que possui controle estrutural na margem esquerda, e na margem direita possui uma estreita faixa de planície, a deposição de sedimentos ocorre principalmente na calha do rio. Nos compartimentos I e III os sedimentos transportados extravasam, em parte, são depositados na planície de inundação.

A análise comparativa de diferentes períodos mostrou as mudanças espaço-temporais, nos nove segmentos. Observa-se que, em 2000, não foi registrada presença

de bancos de sedimentos, mas a presença de barras submersas. Esta constatação pode ser justificada pela constante dragagem, para remoção dos bancos de sedimentos, em 1997, 1998 e 1999 pelas empresas responsáveis pelo escoamento de soja.

## 7. RECOMENDAÇÕES

- Continuação do monitoramento dos segmentos, onde foram registradas as maiores alterações no canal fluvial;

- Criação de uma estação de monitoramento dos sedimentos sólidos suspensos e de fundo, pelas entidades envolvidas em pesquisas hidrossedimentológicas.

- Ativação das estações de monitoramento de vazão de Cáceres e Descalvado.

- Implementação de uma política de uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Jauru, em razão de este rio ser o principal afluente do rio Paraguai, no corredor fluvial, levando-se também em consideração que nos últimos anos, houve aumento no aporte de sedimentos, vinculado, principalmente, à ocupação desordenada na bacia como um todo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLUCK, B. J. (1979). Structure of coarse grained braided stream alluvium. **Trans. R. Soc.**, Edinb, p. 181-221.

BLUCK, B. J. (1982). Texture of gravel bars in braided streams. In: HEY, R. D.; BATHURST, J. C.; THORME, C. R. (Ed.) **Gravel-bed Rivers**. Chichester: Wiley, p. 55-339.

BROOKES, A. (1996). River channel change. In: PETTES, G.; CALOW, P. (Ed.) **River flows and channel forms**. Blackwell Science.

CARVALHO, N. de O. (1995). **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 372 p.

CHRISTOFOLETTI, A. (1974). **Geomorfologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 66-101.

CHRISTOFOLETTI, A. (1981). **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 313 p.

CHURCH, M. (1972). **Baffin Island Sandurs**: a study of Arctic fluvial processes. Geol. Surv. Canada Bull., 216 p.

CHURCH, M.; JONES, D. (1982). Channel bars in gravel bed rivers. In: HEY, R. D., BATHURST, J. C.; THORME, C. R. (Ed.). **Gravel-bed rivers**. Chichester: Wiley, p. 291-324.

CUNHA, S. B. (1996). Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand do Brasil, p. 211-252.

DIETRICH, W. E. (1985). Mechanics of flow and sediment transport in river bends. In: PETTS, G. (Ed.) **Rivers a landscape**. Edward Arnold, p. 158-174.

EBISEMIJU, F. S. (1989). The response of headwater stream channels to urbanization in the humid tropics. **Hidrological Processes**, Inglaterra, v. 3, p.237-253.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. (1996). **ArcView GIS**. New York: The Geographic Information System for everyone.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE-ESRI. (2001). **What is ArcGis**. Califórnia: Redlands, 50 p.

FERGUSON, R. I.; WERRITTY, A. (1983). Bar development and channel changes in the gravelly River Feshie, Scotland. In: COLLINSON, J. D.; LEWIN J. (Ed.). **Moderns and ancient fluvial systems**. Int. Assoc. Sedimentologists, Spec. Publ. 6, p.93-181.

KELLERHALD, R.; CHURCH, M.; BRAY, D. (1976). Classification and analysis of river processes. American Society of Civil Engineers Proceeding. **Journal of the Hydraulics Division**, p. 813-829.

LEWIN, J. (1981). Contemporary erosion and sedimentation. In: LEWIN J. (Ed.). **British rivers**. London: Allen and Unwin, p.34-58.

PCBAP (1997). Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – Projeto Pantanal. **Hidrossedimentologia do Alto Paraguai**. Programa Nacional do Meio Ambiente. V. II. Brasília, PNMA. Vol. II, Tomo II-B, 699 p.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Cuiabá, Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 21, 448 p.

RADAMBRASIL. (1982). **Levantamentos dos recursos naturais**. Corumbá, Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia. Secretária Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SD 20, 448 p.

RUST, B. R. (1972). Structure and process in a braided river. **Sedimentology**, p. 45-221.

SCHNEIDER, K.; OLIVEIRA F.; MAIDMENT D. R. (2002). **Introduction to ArcGIS**. Center for Research in Water Resources University of Texas at Austin, September.

SMITH, N. D. (1974). Sedimentology and bar formation in the Upper Kicking Horse River, a braided outwash stream. **F. Geol.**, p. 24-205.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. (1990). **Ambientes fluviais**. 2. ed. Florianópolis: Ed.UFSC/ UFPR, 183 p.

YALIN, M. S. (1972). **Mechanics of sediment transport**. Oxford: Pergamon Press, p. 168- 187.

WOLMAN, M. G. (1967). A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geographical Annular**, v. 49, p. 385-395 (series A).

## CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Apresentado em cinco artigos, o estudo possibilitou avaliar a dinâmica do corredor fluvial, entre Cáceres e a ilha de Taiamã, em três compartimentos com características distintas, em termos de padrão de canal e processos atuantes como erosão, transporte e deposição de sedimentos. No primeiro artigo, foram caracterizados os elementos (clima, hidrografia, geomorfologia, geologia, solos e vegetação) do corredor fluvial, que interferem na dinâmica fluvial. O segundo artigo trata do uso do corredor fluvial, nas últimas décadas, no canal e nas margens. O terceiro artigo abrange as alterações temporais ocorridas no canal e nas feições morfológicas. O quarto artigo descreve a dinâmica das margens. Finalizando, no quinto artigo são descritas as mudanças temporais ocorridas no fundo do canal.

Algumas experiências práticas foram obtidas durante a realização desta pesquisa, tais como: conhecimento de algumas técnicas de trabalho de campo, em bacias hidrográficas; utilização de ferramentas do software ArcView e ArcGIS, que permitiu a realização da análise espaço-temporal; e a interpolação de dados.

È importante mencionar algumas dificuldades encontradas, durante a realização da pesquisa. Dois problemas dificultaram o desenvolvimento e obtenção dos resultados. O primeiro refere-se ao uso do método de pinos para monitorar a erosão em grande rio com dinâmica intensa. Muitos pinos foram arrancados e transportados, durante o período das cheias, dificultando, portanto, a análise. O segundo relaciona-se à dificuldade na geração e obtenção de informações sobre carga sólida (suspensa e fundo).

As informações obtidas sobre a complexidade hidrológica do rio Paraguai, na região norte do Pantanal, e as mudanças ocorridas em escala temporal, constituem uma importante contribuição para a prevenção de possíveis modificações neste segmento, resultantes da intensificação no uso do canal fluvial e da ocupação da planície de inundação. As informações poderão, também, ser úteis à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), no que se refere à definição de novos estudos e projetos, contemplando este trecho do rio Paraguai.

De acordo com as informações obtidas no presente trabalho, algumas medidas podem ser sugeridas para preservação deste corredor fluvial:

A) Continuar os estudos e o monitoramento no segmento.

B) Contemplar, nesses estudos, o trecho entre a ilha de Taiamã e a cidade de Corumbá, considerando-se que, em todo este trecho, o rio Paraguai vem sofrendo alterações nos últimos anos, em virtude da intensificação da navegação de grande porte.

C) Implementar atividades econômicas alternativas, para que a comunidade possa usufruir dos recursos disponíveis no corredor fluvial, preservando o mesmo.

- Estimular o ecoturismo e turismo cultural;
- Incentivar a pesca esportiva; e
- Incentivar a criação de peixes em tanque e rede.

D) Realizar ações conjuntas entre Poder Público Municipal e a Universidade do Estado de Mato Grosso

- Elaborar uma cartilha informativa, sobre a necessidade de preservar o rio, não lançando lixo no rio e praias; e

- Promover palestras educativas direcionadas à comunidade.

E) Ao Poder Público Municipal

- Criar um sistema de coleta de lixo nas praias, nos finais de semana;

- Realizar o tratamento do esgoto, antes de seu lançamento no rio Paraguai e seus afluentes

F) Poder público municipal, estadual e federal

- Estipular o período para navegação de grandes embarcações no rio Paraguai, definindo, também, a velocidade e tamanho das embarcações e a quantidade de carga transportada;

- Fazer cumprir a legislação sobre o uso das margens dos rios; e
- Fiscalizar a pesca predatória realizada, principalmente, por meio de barcos de passeio, nas proximidades da Reserva Ecológica de Taiamã.



