

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia

EDINÉIA VILANOVA GRIZIO

REGIME DE DESCARGA DO RIO PARAGUAI SUPERIOR

MARINGÁ
2008

EDINÉIA VILANOVA GRIZIO

REGIME DE DESCARGA DO RIO PARAGUAI SUPERIOR

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Geografia. Curso de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Estadual de Maringá.

Orientador:

Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

Co-orientador:

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Maringá
2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

G872r Grizio, Edinéia Vilanova
Regime de descarga do Rio Paraguai superior. /
Edinéia Vilanova Grizio. -- Maringá : [s.n.], 2008.
83 f. : il. color.

Orientador : Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá. Curso de Pós-graduação em Geografia, 2008.

1. Rio Paraguai superior - Precipitação e
geomorfologia - Análise. 2. Rio Paraguai superior -
Canal - Avaliação. 3. Rio Paraguai superior - Regime de
débitos. I. Universidade Estadual de Maringá. Curso de
Pós-graduação em Geografia. II. Título.

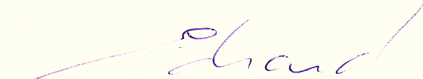
CDD 21.ed.989.2

“REGIME DE DESCARGA DO RIO PARAGUAI SUPERIOR”

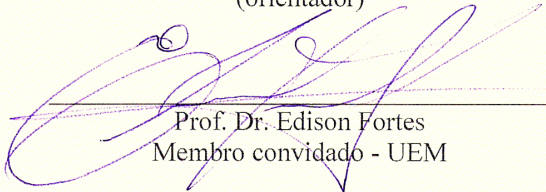
Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental.

Aprovada em **11 de março de 2006.**


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho
Universidade Estadual de Maringá
(orientador)



Prof. Dr. Edison Fortes
Membro convidado - UEM



Prof.ª Dr.ª Sandra Baptista Cunha
Universidade Federal Fluminense

Dedico este trabalho aos meus pais Antônio Vilanova Grizio e Helena Elias Fernandes Grizio, meu irmão Edinaldo Vilanova Grizio, os alicerces para a superação de todos os obstáculos.

AGRADECIMENTOS

Várias pessoas contribuíram, direta ou indiretamente, para que este trabalho pudesse vir a ser concluído. Entretanto, quero deixar expresso alguns agradecimentos:

Primeiramente, a *Deus*, pela presença em toda minha vida, me dando condições, sabedoria e muita paciência para realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Edvard Elias de Souza Filho pela confiança, auxílio, paciência e orientação para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao professor Dr. Mário Luis Assine, que apesar da distância se propôs a me ajudar quando necessário.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Metodológico), pela concessão parcial de bolsa, este, instrumento básico e fundamental à dedicação aos estudos; aquisição de materiais para a pesquisa, livros, xérox, permanência próximo à universidade entre outros, sendo fruto e direito dos alunos que se preparam para a seleção do mestrado.

A ANA (Agência Nacional de Águas) pelo fornecimento de dados, para que eu pudesse desenvolver o meu trabalho.

Ao INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) pela disponibilidade de imagens, contribuindo dessa maneira para a conclusão do trabalho.

Ao Aginaldo Silva, por toda contribuição à este trabalho, antes mesmo de iniciar, pela apoio, amizade, parceria, compreensão ao longo destes anos.

Aos professores ligados ao GEMA (Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente) da Universidade Estadual de Maringá pelas contribuições teóricas, incentivo a pesquisa e disponibilidade em atender e guiar-me no decorrer de toda minha trajetória acadêmica.

A todos os professores do departamento de geografia da Universidade Estadual de Maringá pelas contribuições no decorrer do mestrado, bem como aos membros da secretaria de Pós-Graduação em Geografia (Cida) e do Departamento de Geografia (Mirian e José).

As professoras Sandra Neves e Rosália do Departamento de Geografia da UNEMAT, pela ajuda no trabalho de campo, pelo apoio, amizade e parceria construída ao longo deste trabalho.

Aos inúmeros colegas e/ou amigos participantes do GEMA que me auxiliaram nesta trajetória, ora na parte teórica, ora nos momentos de lazer e descontração. O meu sincero **OBRIGADA** a Maria de Moraes, D. Maria, Ismar Renan Andrade, Eduardo Moraes, Vanessa Cristina Santos, Rafaela Harumi Fujita, Marta Sala, Vladimir de Souza, Edimara Rupolo, Fabiana Meira Zapparoli, Allan Fontana, Débora Martins, Maurício Meurer, Diego Garcia Paiva, Priscila Panzarini Gon, Édipo Cremom, Vinícios (Pardal), José Antonio Arenas Ibarra “Pepe”, Ericson Hideki Hayakawa entre outros não menos importantes, porém, que não me recordei.

Aos diversos colegas e/ou amigos que direta ou indiretamente e ligados ou não ao universo acadêmico foram importantes para a conclusão deste trabalho. O meu obrigada a Mariana Biava, Adriana Kadowaki, Midore Kadowaki, Vanderley Magalhães, Mariestela, Viviane, Angélica entre outros.

Ao professor Luis Carlos Gomes do NUPÉLIA, que mesmo sem me conhecer se prontificou a me ajudar, sem medir esforços.

Ao Professor Rodrigo Costa da UFMT, que sempre esteve disposto a sanar minhas dúvidas, pela paciência e prontidão, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento deste trabalho.

Em especial ao Helder Orita, pelo carinho, paciência, amizade, atenção e por estar ao meu lado neste momento.

A minha FAMÍLIA pelo apoio incondicional em toda a minha vida, onde palavras não seriam suficientes para expressar todo o meu AMOR e GRATIDÃO.

“ A vida é como um rio. Enquanto nos movimenta entre a nossa nascente (o nascimento) e o nosso destino (a morte), as paisagens sempre serão novas. Um rio não deixa de correr jamais. Quando tudo a nossa volta fica mais fácil, as águas se acalmam, nos tornamos mais amplos, mais generosos. De repente o rio entra em uma espécie de buraco, e pára de correr com a alegria de antes. Nestes momentos, a única maneira de sair é contar com a ajuda do tempo. Quando chegar o momento certo, a depressão se enche, e a água pode seguir adiante. No lugar do buraco feio e sem vida, agora existe um lago que outros podem contemplar com alegria. Embora sejamos únicos, em breve seremos muitos. À medida que caminhamos, as águas de outras nascentes se aproximam, porque aquele é o melhor caminho a seguir. Somos um meio de transporte, como o rio, de folhas, de barcos e de idéias. E que nossas águas sejam, sempre generosas...”.

Paulo Coelho

Ser como um rio que flui (janeiro, 2006)

RESUMO

Estudos de caráter hidrológicos e geomorfológicos de canais fluviais são necessários para a análise e compreensão de um grande número de problemas como abastecimento, navegação, controle de cheias, recreação, além de permitir o entendimento de processos erosivos, de transporte, de evolução, entre outros. A bacia do rio Paraguai Superior vem sendo alvo de ocupação intensa nos últimos anos e seu canal tem sofrido modificações em sua dinâmica. Por essas razões, este trabalho tem como objetivos a caracterização do regime de descarga, da relação entre a precipitação e a vazão, e por fim a avaliação da mobilidade do rio Paraguai Superior, entre Barra do Bugres e Cáceres-MT, nos últimos quarenta anos. As características do regime de débitos e a relação entre a precipitação e a vazão foram analisadas a partir das séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas de Barra dos Bugres, Cáceres, e Descalvados, cujos dados foram fornecidos pela ANA (Agência Nacional de Águas). A mobilidade do canal foi estimada por meio de análise multi-temporal de imagens orbitais, utilizando-se de imagens MSS (LANDSAT 2 e 3) para o período entre 1977 e 1981, e de imagens CCD (CBERS 2) para o período entre 2004 e 2006. A abordagem efetuada permitiu observar que a descarga fluvial aumenta e diminui em ciclos de 15 anos, de acordo com o aumento e diminuição da precipitação. Contudo, durante o período estudado, a relação precipitação vazão foi modificada, uma vez que a descarga fluvial foi progressivamente aumentada, provavelmente devido à diminuição da evapo-transpiração provocada pela substituição da vegetação natural por pastagens. No período entre 1977 e 1981, graças ao aumento da descarga e ao aporte de sedimentos, a taxa de erosão lateral foi maior que a de deposição lateral, e a ocorrência de avulsões diminuiu o comprimento e a sinuosidade do rio, enquanto a mobilidade lateral foi alta, superando 8,5% de sua largura. O período entre 2004 e 2006 coincidiu com uma fase de descarga fluvial mais baixa, e com um longo período de baixo aporte de sedimentos. Por consequência, o canal aumentou sua mobilidade lateral para uma taxa de 15,6% de sua largura média. Essa mobilidade e a ausência de avulsões proporcionaram um aumento do comprimento e da sinuosidade do rio. A dinâmica fluvial apresentada pelo canal em ambos os intervalos de tempo demonstra que o padrão de canal tornou-se meandrante.

Palavras-chave: precipitação/vazão, mobilidade fluvial, rio Paraguai

ABSTRACT

Hydrologics and geomorfologics studies of character of fluvial canals are necessary for the analysis and understanding of a great number of problems as supplying, navigation, control of full, recreation, besides allowing the agreement of erosive processes, transport, of evolution, among others. The basin of the river Paraguay Superior comes being white of intense occupation in the last years and its canal has suffered modifications in its dynamics. For these reasons, this work has as objective the characterization of the regimen of discharge, the relation between the precipitation and the outflow, and finally the evaluation of the mobility of the river Paraguay Superior, between Barra dos Bugres and Cáceres-TM, in last the forty years. The characteristics of the regimen of debits and the relation between the precipitation and the outflow had been analyzed from the historical series of the pluviometrics and fluviometrics stations of Barra dos Bugres, Cáceres, and Descalvados, whose given they had been supplied by ANA (National Water Agency). The mobility of the canal was esteem by means of analysis multi-weather of orbital images, using itself of images MSS (LANDSAT 2 and 3) for the period between 1977 and 1981, and of images CCD (CBERS 2) for the period between 2004 and 2006. The effected boarding allowed to observe that the fluvial discharge increases and diminishes in cycles of 15 years, in accordance with the increase and reduction of the precipitation. However, during the studied period, the relation precipitation outflow was modified, a time that the fluvial discharge gradually was increased, probably due to reduction of the evapo-transpiration provoked for the substitution of the natural vegetation for pastures. In the period between 1977 and 1981, favours to the increase of the discharge and to arrive in port it of sediments, the tax of lateral erosion was greater that of lateral deposition, and the occurrence of accessions diminished the length and the sinuosity of the river, while lateral mobility was high, surpassing 8.5% of its width. The period between 2004 and 2006 coincided with a phase of fluvial discharge lower, and with a long period of low it arrives in port of sediments. For consequence, the canal increased its lateral mobility for a tax of 15,6% of its average width. This mobility and the absence of accessions had provided an increase of the length and the sinuosity of the river. The fluvial dynamics presented by the canal in both the time intervals demonstrates that the canal standard became meandrante.

Key-words: precipitation/flow, fluvial mobility, Paraguay river

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Localização da área de estudo.....	16
Figura 02	Mapa Geomorfológico.....	26
Figura 03	Mapa Geológico.....	28
Figura 04	Mapa de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis.....	29
Figura 05	Mapa de Solo.....	30
Figura 06	Planície Fluvial do rio Paraguai e a Foz do rio Sepotuba.....	31
Figura 07	Mapa de vegetação.....	33
Figura 08	Pontos georreferenciados no trabalho de campo.....	36
Figura 09	Fotos dos pontos georreferenciados em campo.....	38
Figura 10	Pontos georreferenciados no trabalho de campo.....	39
Figura 11	Pontos georreferenciados no trabalho de campo.....	40
Figura 12	Descarga mínima, média e máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres, no período de 1966 – 2005.....	41
Figura 13	Descarga mínima, média e máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres, no período de 1966 – 2005.....	42
Figura 14	Descarga mínima, média e máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados, no período de 1968 – 2005.....	42
Figura 15	Precipitação média mensal do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Barra do Bugres - período 1969-2005.....	43
Figura 16	Precipitação média mensal do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Cáceres - período 1972-2005.....	44
Figura 17	Precipitação média mensal do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Descalvados – período 1969-2005.....	44
Figura 18	Vazão média mensal do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres – período 1969-2005.....	45
Figura 19	Vazão média mensal do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres – período 1972-2005.....	46
Figura 20	Vazão média mensal do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados – período 1969-2005.....	46
Figura 21	Correlação entre os dados vazão média anual e precipitação anual em Barra dos Bugres	48

Figura 22	Correlação entre os dados vazão média anual e precipitação anual em Cáceres.....	48
Figura 23	Correlação entre os dados vazão média anual e precipitação anual em Descalvados.....	48
Figura 24	Período de 1969–2005 da média anual de vazão e precipitação da estação de Barra do Bugres.....	50
Figura 25	Período de 1969–2005 da média anual de vazão e precipitação da estação de Cáceres.....	51
Figura 26	Correlação de dados de vazão e precipitação da estação de Barra do Bugres.....	52
Figura 27	Correlação de dados de vazão e precipitação da estação de Cáceres.....	53
Figura 28	Correlação de dados de vazão e precipitação da estação de Descalvados.....	53
Figura 29	Vazão média anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres.....	54
Figura 30	Vazão média anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres.....	55
Figura 31	Vazão média anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados.....	55
Figura 32	Vazão mínima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres.....	56
Figura 33	Vazão máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres.....	56
Figura 34	Vazão mínima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres.....	57
Figura 35	Vazão máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres.....	57
Figura 36	Vazão mínima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados.....	58
Figura 37	Vazão máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados.....	58
Figura 38	Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Barra do Bugres, segmento montante período 01/1968 – 12/1972.....	59

Figura 39	Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Barra do Bugres, segmento montante período 01/2000 – 12/2004.....	59
Figura 40	Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Cáceres, segmento à jusante período 01/1968 – 12/1972.....	60
Figura 41	Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Cáceres, segmento à jusante período 01/2000 – 12/2004.....	60
Figura 42	Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Descalvados, no período 01/1968 – 12/1972.....	61
Figura 43	Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Descalvados, no período 01/2000 – 12/2004.....	61
Figura 44	Precipitação média anual do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Barra do Bugres.....	62
Figura 45	Precipitação média anual do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Cáceres.....	62
Figura 46	Precipitação média anual do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Descalvados.....	63
Figura 47	Lagoas na planície do rio Paraguai com árvores secas e cercas alagadas.....	64
Figura 48	Formas erosivas observadas no rio Paraguai	65
Figura 49	Imagem LANSAT 2 - Segmento de A-B da estação de Barra do Bugres no período 1977-1981.....	67
Figura 50	Imagem LANSAT 2 - Segmento de B-C da estação de Cáceres no período 1977-1981.....	68
Figura 51	Imagem LANSAT 2 - Segmento de C-D da estação de Descalvados no período 1977-1981.....	69
Figura 52	Detalhe de avulsões e de migração lateral do canal observadas na superposição das imagens MSS de 09/07/1977 e de 13/05/1981.....	71
Figura 53	Imagem CBERS - Segmento de A-B da estação de Barra do Bugres no período 1977-1981.....	73
Figura 54	Imagem CBERS - Segmento de B-C da estação de Cáceres no período 1977-1981.....	74
Figura 55	Imagem CBERS - Segmento de C-D da estação de Descalvados no período 1977-1981.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Estações Fluviométricas analisadas pela ANA - Agência Nacional de Água.....	19
Quadro 02 - Estimativa do transporte de carga de fundo na seção fluvial da estação fluviométrica da Cáceres.....	35
Quadro 03 – Pontos de observação na área de estudo.....	37
Quadro 04 - Área, perímetro, comprimento, e largura do canal do rio Paraguai Superior em 09/07/1977 e em 13/05/1981.....	70
Quadro 05 - Área erodida, depositada e sem modificação (em km ²), no período entre 1977 a 1981, no canal do rio Paraguai Superior.....	72
Quadro 06 - Área, perímetro, comprimento, e largura do canal do rio Paraguai Superior em 18/06/2004 e em 12/07/2006.....	76
Quadro 07 - Área erodida, depositada e sem modificação (em km ²), no período entre 2004 e 2006, no canal do rio Paraguai Superior.....	76

LISTA DE TABELA

Tabela 01 - Transporte de sedimento em suspensão, produção de sedimentos, e concentração de sedimentos suspensos do rio Paraguai em Cáceres	34
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. Hipótese de trabalho.....	14
1.2. Objetivos.....	15
1.3. Localização da área de estudo.....	16
2. METODOLOGIA.....	17
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.1 Mapa Geomorfológico.....	26
3.2 Mapa Geológico.....	28
3.3 Mapa de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis.....	29
3.4 Mapa de solo.....	30
3.5 Mapa de vegetação.....	33
4. RESULTADOS.....	41
4.1. Variação temporal dentro do ano.....	43
4.2. Relação Precipitação Vazão.....	47
4.3. Variação temporal nas séries.....	54
4.4. A mobilidade do canal.....	65
5. CONCLUSÃO.....	73
6. REFERÊNCIAS.....	75

1. INTRODUÇÃO

O estudo dos rios e das bacias hidrográficas está se desenvolvendo cada vez mais no meio científico, principalmente pelo destaque com que a água vem sendo discutida nos últimos tempos, e assim a Geomorfologia Fluvial vem se tornando um campo científico dinâmico e surpreendente.

Os rios sempre desempenharam um papel fundamental para a humanidade, como via de transporte de bens, como fonte de energia hidrelétrica, alimentação, limites territoriais, lazer e sobretudo como depositário de um insumo considerado vital para todos os seres vivos: a água.

Embora o estudo dos rios seja antigo, o conceito de sistema fluvial foi criado por Fisk (1944) quando do estudo do rio Mississippi, e amplamente discutido por Schumm (1977) em sua publicação clássica sobre o tema. Em termos gerais, o referido autor definiu o sistema fluvial como um sistema de processo resposta, aberto, com uma área de entrada de matéria e energia (bacia de drenagem), uma área de transferência (rede de drenagem) e uma área de saída (foz), composto por variáveis físicas (sistema morfológico) e dinâmicas (processos) interdependentes. O sistema fluvial estando ativo realiza um trabalho cujo resultado é a elaboração da paisagem, e por essa razão foi considerado por Souza Filho (1993) como um sistema geomórfico.

A bacia hidrográfica é um sistema aberto, que recebe suprimento contínuo de energia através do clima reinante e que, sistematicamente, perde energia através da água e dos sedimentos que a deixam (Christofolletti, 1980). Sob o ponto de vista do auto-ajuste pode-se deduzir que as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento e das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída. Para Patton (1988), as relações que se estabelecem na bacia hidrográfica entre suas características físicas, são de grande importância para a compreensão da dinâmica interna do sistema, visto que a interdependência entre as diversas variáveis permite observar a evolução do sistema fluvial.

Nesse sentido, a bacia do rio Paraguai Superior sofreu forte ação antrópica a partir da década de 1970, graças à ocupação de áreas de vegetação natural para a implantação de pastagens e de agricultura.

A retirada da vegetação natural aparentemente resultou em uma sensível modificação das características do rio, em especial no que diz respeito ao regime de descarga, ao transporte de sedimentos (Silva, 2006) e aos padrões de canal. O referido autor ao estudar o segmento fluvial entre Cáceres e Descalvados, verificou que o regime de descargas modificou-se a partir do final dos anos sessenta, por meio do aumento das descargas máximas médias e mínimas. Além disso, os dados utilizados mostraram um considerável aumento da carga suspensa do rio durante a década de setenta e uma posterior redução. Tal aumento foi justificado pela retirada da vegetação, e teria sido responsável pelo aporte de sedimentos arenosos que modificou os padrões de canal na parte situada à jusante de Cáceres.

Uma vez que a parte baixa do rio Paraguai Superior sofreu modificações, é muito provável que o mesmo tenha ocorrido em sua parte superior. Dessa forma, as modificações que a bacia vem sofrendo, e a escassez de informação a respeito das características do rio justificam a necessidade da realização de estudos que permitam um adequado conhecimento da região, para subsidiar o planejamento para um desenvolvimento sustentado.

1.1 A hipótese de trabalho

O segmento fluvial situado entre Barra do Bugres e Cáceres, pode estar sujeito a um conjunto de modificações que incluem o aumento dos valores de descarga, aumento e posterior diminuição do aporte de sedimentos, e uma modificação de seu padrão de canal. Esta possibilidade é justificada pelo quadro descrito por Silva (2006) no trecho fluvial situado à jusante de Cáceres.

O quadro exposto permite o surgimento de diversas questões. A primeira está relacionada verificação da alteração do regime de descarga; a segunda às causas dessa alteração, uma vez que Silva (2006) não trabalhou com dados de precipitação; e a terceira está relacionada aos efeitos que tal alteração possa ter causado na dinâmica do canal.

Caso o aumento dos valores de descarga seja confirmado, ele pode ser decorrente do aumento da precipitação, ou pode estar relacionado a menor perda de água para a atmosfera, e nesse caso, a substituição da vegetação natural por pastagem pode ser a responsável, uma vez que os valores de evapo-transpiração da cobertura herbácea são menores que os da cobertura arbustiva ou arbórea.

Os efeitos do aumento da descarga estão relacionados ao aumento da energia disponível para o rio realizar seu trabalho. No caso de um rio anastomosado de alta sinuosidade, o aumento da energia no canal pode causar um aumento das taxas de erosão marginal, e fazer com que os meandros tornem-se ativos e o padrão de canal possa mudar para meandrante.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo a investigação das alterações do regime de descarga do rio Paraguai Superior, de suas causas e suas conseqüências.

Os objetivos específicos são:

- 1- Caracterizar a geomorfologia e o regime de precipitação da bacia de drenagem;
- 2- Caracterizar a composição do regime de débitos;
- 3- Avaliar a mobilidade do canal nos últimos trinta anos.

1.3. Localização da área de estudo

O rio Paraguai possui 2.612 km de extensão, nasce no Planalto Central, na Serra do Araporé (Serra das Pedras de Amolar) e deságua no rio Paraná próximo a Corrientes, na Argentina. Sua bacia de drenagem totaliza 1.095.000 km², compreende os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e parte dos territórios da Bolívia, do Paraguai e da Argentina (ANA, 2004).

O Paraguai Superior é o segmento compreendido entre as suas nascentes e a foz do rio Jaurú e possui cerca de 497 quilômetros de extensão. A nascente do rio Paraguai encontra-se a 435 metros de altitude, e o canal é erosivo nos primeiros 140 quilômetros, intervalo em que o rio corta o relevo de cuevas da Serra do Amolar e chega quase até à confluência do rio dos Bugres, na cidade de Barra do Bugres, à 140 metros de altitude, onde se torna um rio de planície.

O segmento fluvial situado entre Barra do Bugres e Cáceres possui 275 km de extensão, com largura média de 122 metros e sinuosidade de 2,2, de acordo com RADAMBRASIL (1982). A bacia de drenagem tem forma assimétrica e a planície fluvial é marcada por um conjunto de lagoas alongadas e canais ativos e sub-ativos que permitem caracterizar o segmento como multicanal, cujo aspecto em imagem orbital assemelha-se ao exibido por canais anastomosados, conforme Silva *et al.* (2007).

A área de estudo está situada entre as cidades de Barra do Bugres e Cáceres no sul do Estado do Mato Grosso, e limita-se entre as coordenadas $15^{\circ}02'48''$ e $15^{\circ}02'24''$ de latitude sul e $57^{\circ}06'48''$ e $57^{\circ}46'48''$ de longitude oeste (Figura 1)

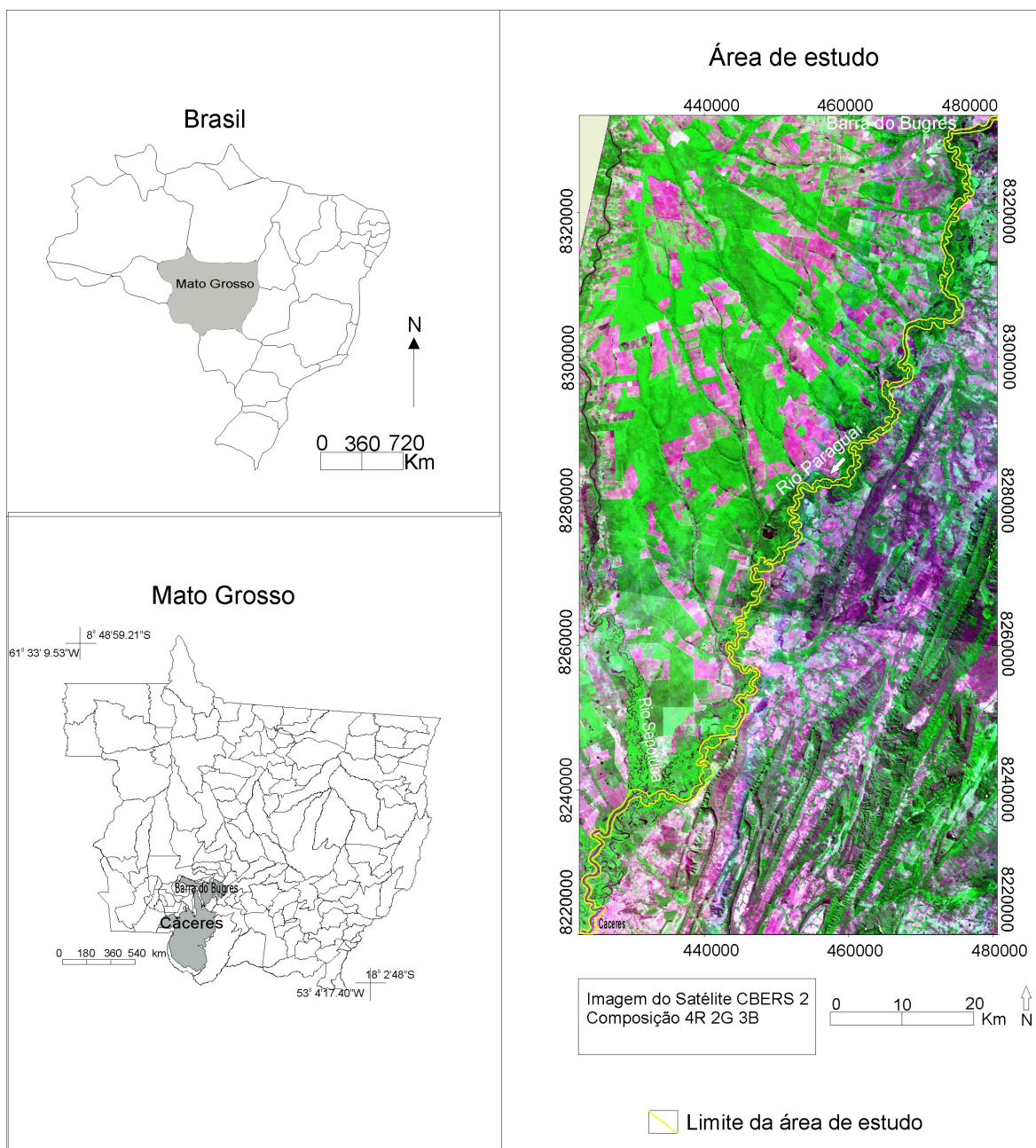


Figura 1: Localização da área de estudo

2. METODOLOGIA

A hipótese de trabalho está baseada no conceito de que a bacia de drenagem é um sistema geomórfico, no qual qualquer mudança de uma de suas variáveis acarreta modificações naquelas que possuem relação de dependência.

Uma vez que a cobertura vegetal natural da bacia foi substituída por pastagem e agricultura, o escoamento superficial deve ter sido modificado, o que teria levado a uma alteração do regime hidrológico e do aporte de sedimentos (Silva, 2006). Por essa abordagem o sistema fluvial consiste em uma estrutura de interação de processos e formas que executa a elaboração da paisagem e é mantida pela entrada, transferência e saída de energia e matéria. A bacia de drenagem representa a zona de entrada onde ocorre a captação da água e a produção de sedimentos, a rede hidrográfica é a zona responsável pela transferência de sedimentos, e a foz é a zona de saída do sistema (SOUZA FILHO, 1993).

Foi realizado duas campanhas de campo para reconhecimento da área e observação in loco, porém não foi possível navegar em toda área de estudo, os pontos georreferenciados foram de Cáceres a Foz do rio Sepotuba, seguindo seus respectivos pontos. Foi feito a descrição de cada ponto: local, altitude, latitude e longitude.

O débito, a vazão ou a descarga é uma das principais variáveis que caracterizam um rio e é a quantidade de água que passa através de uma seção transversal, por unidade de tempo. O débito fluvial é considerado uma variável estocástica porque depende ou resulta de variáveis aleatórias (TUCCI, 2002) e por isso é bastante variável no tempo e no espaço. Essa variabilidade representada pela subida e descida das águas no decorrer de um ano civil (janeiro a dezembro) ou um ano hidrológico (vazante-cheia-vazante) corresponde ao regime fluvial ou regime hidrológico.

A variabilidade representada pela dinâmica de águas baixas e altas tem como causa a combinação de diversos elementos da bacia hidrográfica ou fatores que ocorrem na mesma, tais como: condições de precipitação; evapo-transpiração; radiação solar; geologia; geomorfologia (declividade, comprimento da vertente); solos; cobertura vegetal; uso do solo, e ação antrópica (TUCCI, 2002), além da forma da bacia, de acordo com Villela e Mattos (1975).

O conhecimento do regime de débitos de um sistema fluvial pode apresentar diferentes abordagens segundo um contexto hidrológico, geomorfológico, geográfico, ecológico entre outros que dependerá do profissional que está desenvolvendo a pesquisa

dos seus objetivos ou até mesmo dos métodos e conceitos empregados para a análise dos dados.

Os débitos mínimos são representados pelos valores mais baixos da série histórica.

Entretanto o débito mínimo mensal é o menor valor de cada mês e não é necessariamente um débito correspondente a uma estiagem. Geralmente o débito mínimo é aplicado para avaliação da demanda mínima que um rio pode ter.

Os débitos máximos são de grande interesse para o estudo de cheias e inundações de algum local do curso d'água, sendo os débitos mais elevados que ocorrem em uma seção do rio. Leopold (1994) define uma cheia como sendo “a ocorrência de um fluxo de magnitude que ultrapassa as margens naturais ou artificiais em um trecho do canal do rio”.

O regime de débitos é analisado considerando uma escala temporal que pode ser organizada em valores diários, mensais ou anuais. Essas séries temporais permitem identificar a existência ou não de homogeneidade temporal (CHOW, 1964) que está relacionado a uma ocorrência uniforme dos débitos. Em geral, essa uniformidade é inexistente, pois existem diversos fatores de origem natural ou artificial que influenciam o comportamento dos débitos.

O comportamento do regime hidrológico do rio Paraguai pode ser observado por sua variabilidade, identificada pela oscilação dos débitos.

Na área de estudo há três estações fluviométricas disponíveis (Quadro 1). A de Barra do Bugres está situada na parte montante do segmento, a de Cáceres está situada a 150 quilômetros rio abaixo e a Descalvados está situada 132 quilômetros rio abaixo a jusante de Cáceres.

	Barra do Bugres	Cáceres	Descalvados
Código da Estação	66010000	66070004	66090000
Latitude	15° 04' 36''S	16° 03' 47''S	16° 44' 00''S
Longitude	57° 10' 57''W	57° 41' 16''W	57° 44' 53''W
Altitude	140m	109,34m	99m
Área de drenagem	10120km ²	32774km ²	48360km ²
Data de início da Série	01/01/1966	01/01/1966	01/01/1968
Data de término da Série	08/2005	09/2005	09/2005
Interrupções	–	08/2000	10/2002
Vazão Média	135m ³ /s	537m ³ /s	593m ³ /s
Vazão Mínima	4,72m ³ /s	133m ³ /s	157m ³ /s
Vazão Máxima	1.334m ³ /s	2.659m ³ /s	1.148m ³ /s

Quadro 1 – Estações Fluviométricas analisadas Fonte: ANA - Agência Nacional de Água

As características geomorfológicas da bacia foram obtidas por meio de dados bibliográficos. As características climáticas e o regime de débitos foram analisados a partir das séries históricas das estações pluviométricas e fluviométricas existentes na bacia.

A princípio foi calculada a descarga média anual diária de cada estação. Para isso fez-se a soma do total de todas as vazões diárias de cada ano e o resultado foi dividido pelo total de dias que cada ano possui. Em seguida, foram obtidos os valores máximos e mínimos da descarga média diária de cada ano. O passo seguinte foi calcular as médias mensais, obtidas pela soma de todos os valores de descarga média diária de cada mês dividida pelo respectivo número de dias. Da mesma forma foram obtidos os valores máximos e mínimos de cada mês.

Também foi calculada a precipitação média mensal em todas as estações. Para isso, fez-se a soma de todas as precipitações de cada mês e o resultado foi dividido pelo total de meses. E para obtenção da precipitação anual, foram somados os valores de precipitação dos meses de cada ano.

Para o estudo da relação precipitação vazão foi realizada uma análise de correlação (regressão linear) entre os dados de precipitação média anual (variável independente) e os dados de vazão média anual, por meio da utilização do programa “Statistica 7”.

Devido ao baixo valor de correlação, os dados foram reavaliados, estabelecendo um novo período anual, com início em setembro (mês de mínimo de vazão e baixa precipitação). Os valores foram transformados para a mesma medida, no caso m^3/ano , facilitando dessa forma a análise dos mesmos. Essa permite solucionar duas prováveis fontes de incerteza: o deslocamento temporal entre o máximo da precipitação e o máximo da vazão, e um provável erro oriundo da comparação de valores com diferentes grandezas.

A planície fluvial do segmento exibe feições similares as de rios anastomosados, o que permite supor em primeira mão que o canal deveria ter baixa mobilidade e pequena competência, caso estivesse ajustado às condições naturais.

Os diferentes tipos de rios de planície apresentam mobilidade distinta, de acordo com o seu padrão de canal (Souza Filho, 1993). No caso do rio Paraguai Superior, o padrão anastomosado indicado em planta indicaria uma baixa mobilidade, uma vez que tais canais possuem baixa energia, proporcionada pelo baixo gradiente fluvial. Dessa forma, as velocidades de fluxo não seriam altas o suficiente para permitir uma erosão marginal intensa.

Os processos erosivos básicos são de importância fundamental para que se compreenda como a erosão ocorre e quais as suas conseqüências. Dessa forma, a 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 erosão marginal pode ser definida como o recuo linear das margens, resultante da remoção dos materiais que a constituem pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa, como a precipitação (FERNANDEZ, 1990).

A literatura destaca vários fatores que podem influenciar a erosão marginal, dentre eles as condições climáticas (vento, temperatura), a variação do nível d'água, a velocidade de fluxo, composição granulométrica dos sedimentos das margens, o grau de enraizamento, entre outras.

Também é possível observar os processos resultantes da erosão pluvial que estão intimamente relacionados aos vários caminhos tomados pela água da chuva, na sua passagem através da cobertura vegetal, e ao seu movimento na superfície do solo (GUERRA & CUNHA, 1995).

A erosão é uma variável fundamental da dinâmica dos cursos d'água. A estabilidade das margens é um importante fator na manutenção de biomas, no âmbito do ecossistema fluvial, e econômico, através da perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas e na proteção de obras de engenharia próximas ao canal fluvial (ROCHA & SOUZA FILHO, 1996).

Estudos realizados por ROCHA & SOUZA FILHO (1999), no rio Paraná demonstraram que as taxas de erosão marginal são controladas pela velocidade de fluxo e pela composição das margens. A velocidade de fluxo é a principal variável e é controlada pela vazão e pela distância do talvegue até a margem. A velocidade de fluxo é um fator que está intimamente relacionado à variação da vazão, fator que explica o registro das maiores velocidades e das maiores taxas erosivas no período de cheia, quando as vazões são maiores do que nos demais períodos. A esse respeito os autores mencionados postularam que as velocidades de fluxo em cada margem do rio Paraná apresentam correlação positiva com a vazão.

A composição das margens também é uma das condicionantes da taxa de erosão. Os dados obtidos por ROCHA & SOUZA FILHO (1999), demonstram que sob a mesma velocidade de fluxo, a taxa de erosão aumenta conforme diminui o teor de argila. Os autores verificaram também que, quanto maior a velocidade de fluxo, maior a diferença das taxas erosivas entre as margens mais arenosas e mais argilosas.

Em relação ao rio Paraná, FERNANDEZ & SOUZA FILHO (1995), concluíram que as áreas deposicionais ocorrem nas porções rasas do rio, onde a velocidade de fluxo é menor e, as áreas erosivas ocorrem próximas a locais mais profundos, onde a velocidade de fluxo é maior. Esta situação indica que o controle do domínio de esculturação do canal deve-se a posição relativa do talvegue. O talvegue modifica-se gradualmente durante um ciclo de cheias, indicando que o talvegue está mais próximo da margem em erosão e mais distante da margem que apresenta deposição. As grandes cheias podem modificar o posicionamento do talvegue e desta forma condicionar uma nova tendência nas margens. Foi constatado ainda, que nos períodos de águas baixas a erosão é insignificante e no período de águas altas a erosão é intensa.

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.

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

A passagem da percepção da erosão como um processo físico degradador do meio para a percepção da erosão como um problema, uma ameaça à sustentabilidade das relações homem-meio é, certamente, uma passagem do mundo do complicado para o mundo do complexo. A abordagem ainda dominante, se não hegemônica, é a da descoberta e da dissecação do efeito de cada fator e subfator que promove ou afeta o processo erosivo. Uma vez conhecidos os efeitos de cada um dos inúmeros subfatores nas inúmeras condições possíveis, consideradas ainda as interações entre fatores e subfatores nas combinações imagináveis, saber-se-ia não apenas como controlar o processo erosivo, mas também prever o seu resultado (D'AGOSTINI, 1999).

Atualmente, existem duas formas principais para o estudo da erosão marginal, ou seja, métodos indiretos e métodos diretos. O primeiro refere-se às técnicas que utilizam produtos cartográficos, sensoriamento remoto e geoprocessamento. O segundo, refere-se aos métodos que utilizam como principal forma de estudo as observações diretas no campo, seja em termos qualitativos ou quantitativos.

As imagens orbitais permitiram um considerável avanço no monitoramento indireto da erosão marginal. As imagens do LANSAT 1, disponíveis a partir de 1972 permitiram o início desse tipo de estudo, embora a resolução espacial de 80 metros fosse insuficiente para permitir a elaboração de trabalhos detalhados.

A partir da década de 1980, com o lançamento do LANSAT 5, com o sensor TM, cuja resolução espacial passou a 30 metros, tais trabalhos puderam ser refinados. Esta década foi marcada também pelo lançamento do SPOT 1, com sensor HRV (tipo CCD) com resolução espacial de 10 metros, com maior potencial para monitoramento da mobilidade de margens fluviais.

Os sistemas de aquisição de imagens tiveram seu auge com relação à resolução espacial no final da década de 1990, com o lançamento do LANSAT 7 e de diversos

satélites com sensores CCD. Infelizmente, o LANDSAT 7 está desativado desde maio de 2003, mas, por outro lado, os sistemas CCD podem vir a se tornar a ferramenta principal para monitoramento da erosão marginal.

Os satélites SPOT 5, IRS e o KOMPSAT disponibilizam imagens com resolução de 2, 5, 5,8 e 6,6 metros respectivamente. Já os satélites IKONOS e QUICKBIRD disponibilizam imagens de 1,0 e 0,75 metros respectivamente. Muito provavelmente tais produtos venham a ser extensivamente utilizados para o monitoramento da erosão marginal, apesar dos altos custos das imagens suas. Nesse aspecto, a disponibilidade de imagens gratuitas dos satélites CBERS, veio a facilitar esse tipo de estudo, face à resolução espacial de 20 metros já disponível nas imagens CCD, sem mencionar a futura disposição de imagens de alta resolução satélite do CBERS-2B.

No caso do rio Paraguai Superior, a erosão marginal e a deposição lateral são responsáveis pela mobilidade do canal, e a avaliação dessa variável foi feita pelo método indireto, com o uso de imagens orbitais.

A avaliação da mobilidade do canal foi realizada em dois períodos distintos. Para o período entre 1977 e 1981 foram utilizadas imagens MSS dos satélites LANDSAT 2 e 3 da cena 227-071 datadas de 09/07/1977 e de 13/05/1981, com resolução espacial de 80 metros. Para o período entre 2004 e 2006 foram utilizadas imagens CCD (CBERS 2) da cena 117/116 de 18/06/2004 e de 12/07/2006, com resolução de 20 metros.

As imagens foram registradas, o canal foi vetorizado em cada uma das imagens e sua posição foi superposta nos dois diferentes períodos, permitindo assim a verificação das áreas erodidas e depositadas entre 1977 e 1981, e entre 2004 e 2006. O tratamento de imagens foi realizado por meio da utilização do programa ENVI, e os dados obtidos foram trabalhados nos programas Global Mapper e Arc View.

Em tese, conhecendo-se as condições de contorno fornecidas pela geomorfologia da bacia, e pela composição das margens do rio, é possível verificar as relações entre as variáveis ao longo do tempo, e dessa forma identificar as relações de causalidade entre precipitação, descarga fluvial, uso do solo e erosão marginal.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Paraguai nasce em território brasileiro e pertence à bacia do Prata, cuja área é de 3.100.000km², drenando quase 20% do continente sul-americano. A bacia hidrográfica do rio Paraguai abrange uma área de 1.095.000km² no Brasil, na Argentina, na Bolívia e no Paraguai (ANA, 2004). Até sua confluência com o rio Paraná, o Paraguai percorre 2.612km, sendo 1.683km em território brasileiro, até sua confluência com o rio Paraná na altura da cidade de Corrientes, na Argentina, com alguns trechos compartilhados com a Bolívia e o Paraguai (INNOCENCIO, 1977).

Mesmo sendo um rio de planície, o rio Paraguai pode ser dividido em quatro segmentos distintos: Paraguai Superior, Alto Paraguai, Médio Paraguai e Paraguai Inferior, de acordo com o IBGE (1977).

O Paraguai Superior é o segmento compreendido entre as suas nascentes e a foz do rio Jauru. O Alto Paraguai compreende o segmento entre o rio Jauru e a foz do rio Apa, que abrange toda a área do Pantanal Mato-grossense. O Médio Paraguai desenvolve-se a partir da foz do rio Apa até Ita-Pirú (Lomas Valentinas). Por fim, o Paraguai inferior corresponde ao segmento entre Ita-Pirú e sua foz, no rio Paraná.

A bacia do Alto Paraguai, com cerca de 600.000km², dos quais 362.376km² encontram-se no Brasil, nos Estados de Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, que dividem, respectivamente, 48% e 53% da sua área.

A bacia do Alto Paraguai reveste-se de grande importância no contexto estratégico da administração dos recursos hídricos do Brasil, da Bolívia e do Paraguai, que a compartilham, não somente por suas dimensões, mas também por incluir o Pantanal, uma das maiores extensões de áreas alagadas do planeta, com 147.574km², que é o elo de ligação entre o cerrado do Brasil e o Chaco da Bolívia e do Paraguai (RADAMBRASIL, 1982).

A disposição da bacia do rio Paraguai Superior é condicionada pelo substrato geológico. As nascentes do rio estão situadas em área cratônica do Complexo Xingu (Pré-Cambriano Médio a Inferior), o curso principal está situado sobre o limite entre a Zona Externa e a Zona de Plataforma da faixa Paraguai, e ocupa a parte mais baixa de um amplo sinclinal assimétrico com flancos com mergulhos suaves para leste em sua margem direita e com mergulhos acentuados para oeste em sua margem esquerda (Almeida, 1964; Alvarenga & Trompette, 1993). Por fim, o trecho superior é encerrado pela área deprimida da Bacia do Pantanal, ocupada pelo Alto rio Paraguai.

O rio dos Bugres possui nascentes situadas sobre área de ocorrência do Grupo Aguapeí (Pré-cambriano Superior), enquanto o rio Sepotuba nasce em área de ocorrência da Formação Tapirapuã (K) e do Grupo Parecis (K). A maior parte da área é coberta por sedimentos inconsolidados da Formação Pantanal (Q), constituída principalmente por areia inconsolidada. Em termos geomorfológicos (Figura 2) a bacia está instalada na Depressão do Alto Paraguai, mas as nascentes do rio Sepotuba ocorrem no Planalto de Tapirapuã (RADAMBRASIL, 1982). Ao longo de todos os rios principais ocorrem áreas de acumulação que constituem a Planície do rio Paraguai.

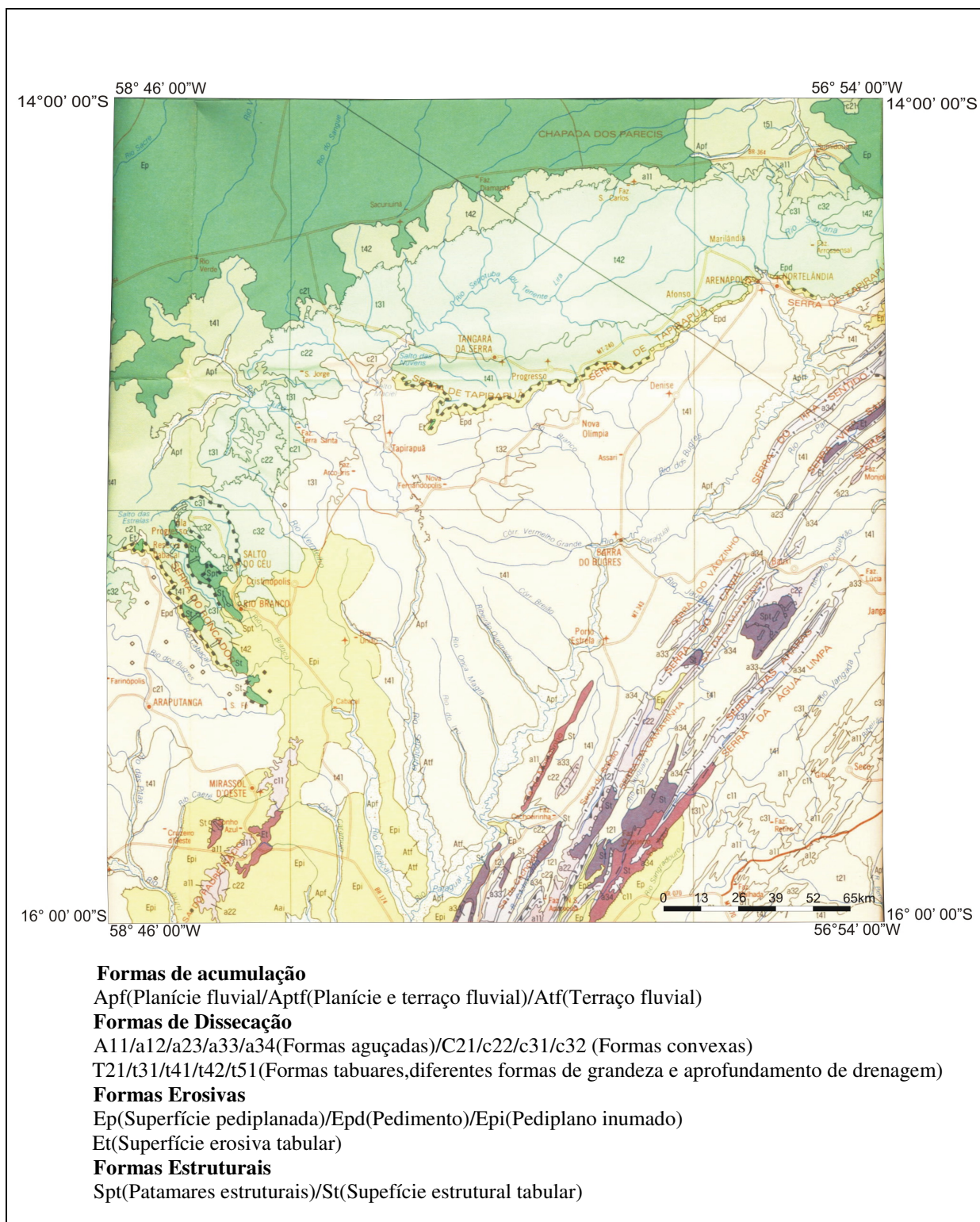


Figura 2: Mapa Geomorfológico, Cuiabá, Folha SD.21 Projeto RADAMBRASIL(1982)

O segmento fluvial alvo deste projeto possui extensão de 275 km, com largura média de 122 metros e sinuosidade de 2,2. A bacia de drenagem tem forma assimétrica. Sua planície é marcada por um conjunto de lagoas alongadas e canais ativos e sub-ativos

que permitem caracterizar o segmento como multicanal, cujo aspecto em imagem orbital assemelha-se ao exibido por canais anastomosados.

O rio Paraguai tem suas nascentes em terras altas da Província Serrana e ao atingir os terrenos da depressão apresenta grande número de afluentes pela margem direita. Entre os rios que se destacam estão: Cabaçal, Sepotuba, Ixu, Onça Magra, Sangue, Branco, Bugres e outros. Apresentam padrão de drenagem paralelo e promovem fraca dissecação no relevo. Assim, observam-se interflúvios razoavelmente amplos, com topos planos e drenagem de primeira ordem pouco profunda. O relevo torna-se ainda mais plano e conservado na faixa entre o rio Sepotuba e o ribeirão Pitas e nos corredores que entremeiam a serra Olho d'Água.

Nos rios Paraguai, Sepotuba e Cabaçal, onde a declividade é ainda menor e as litologias subjantes são os sedimentos aluviais mais antigos da Formação Pantanal, as faixas de Planícies(Apf) e terraços(ATF) são mais amplas. As planícies chegam a apresentar, em alguns trechos, largura que atinge 5 km, onde ocorrem lagos de barragem, lagos de meandros abandonados, canais colmatados e cursos meândricos. Os terraços fluviais são, por vezes, bem individualizados na imagem de radar. É o caso daqueles encontrados no baixo curso do rio Cabaçal, Sepotuba e trechos do Paraguai, próximos às confluências dos rios supracitados. Os terrenos menos úmidos e levemente dissecados em formas tabulares do tipo t41 correspondem às aluviões mais antigas, os terraços fluviais (Atf) dos rios Cabaçal, Sepotuba e Paraguai constituem as aluviões mais recentes (Figuras 3 e 4). Os aluviões mais antigos correspondem as areias finas e inconsolidadas, que são encontradas nos atuais interflúvios, enquanto nos terraços e planícies fluviais há variações nos tipos de materiais (RADAMBRASIL,1982).

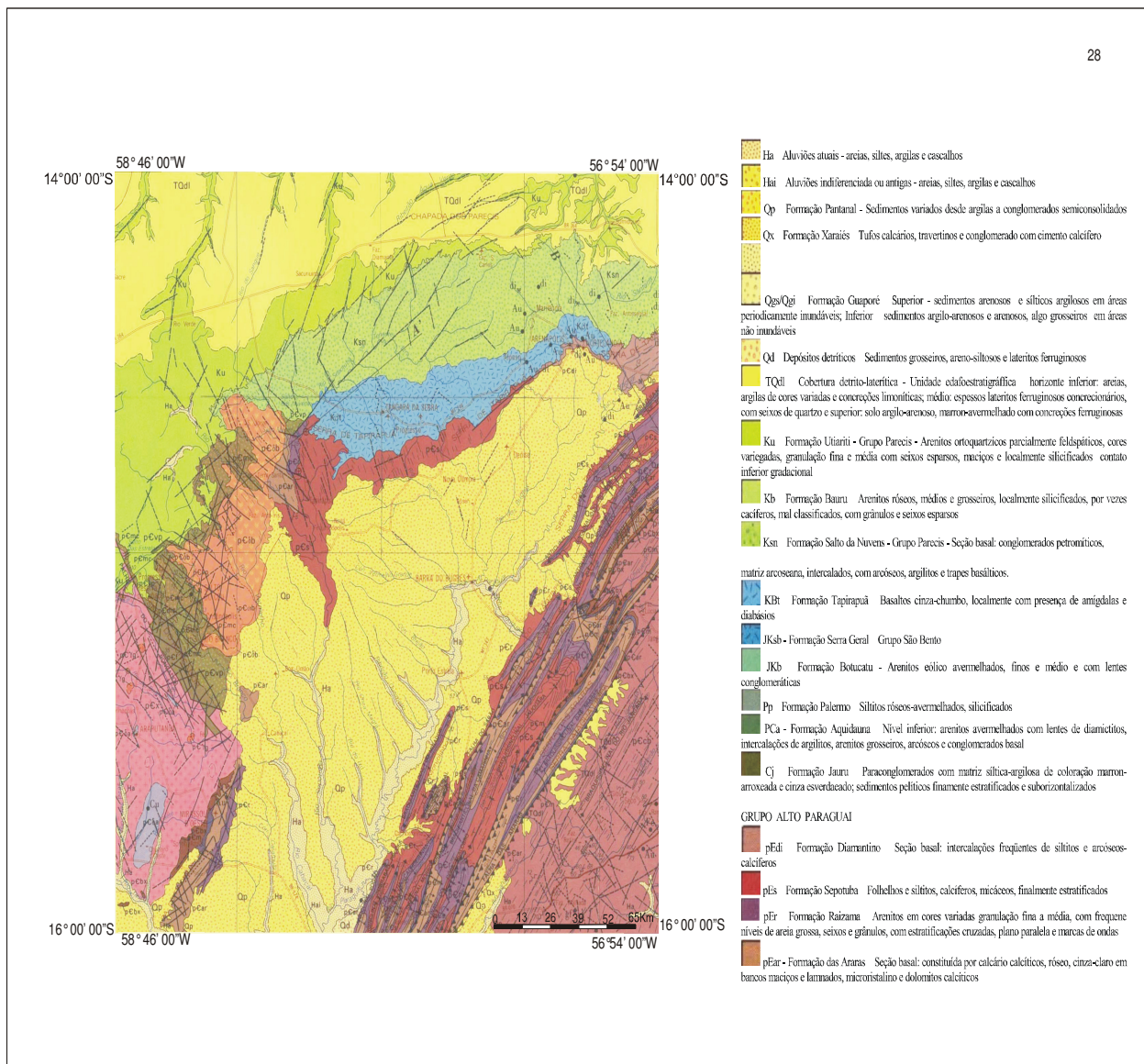
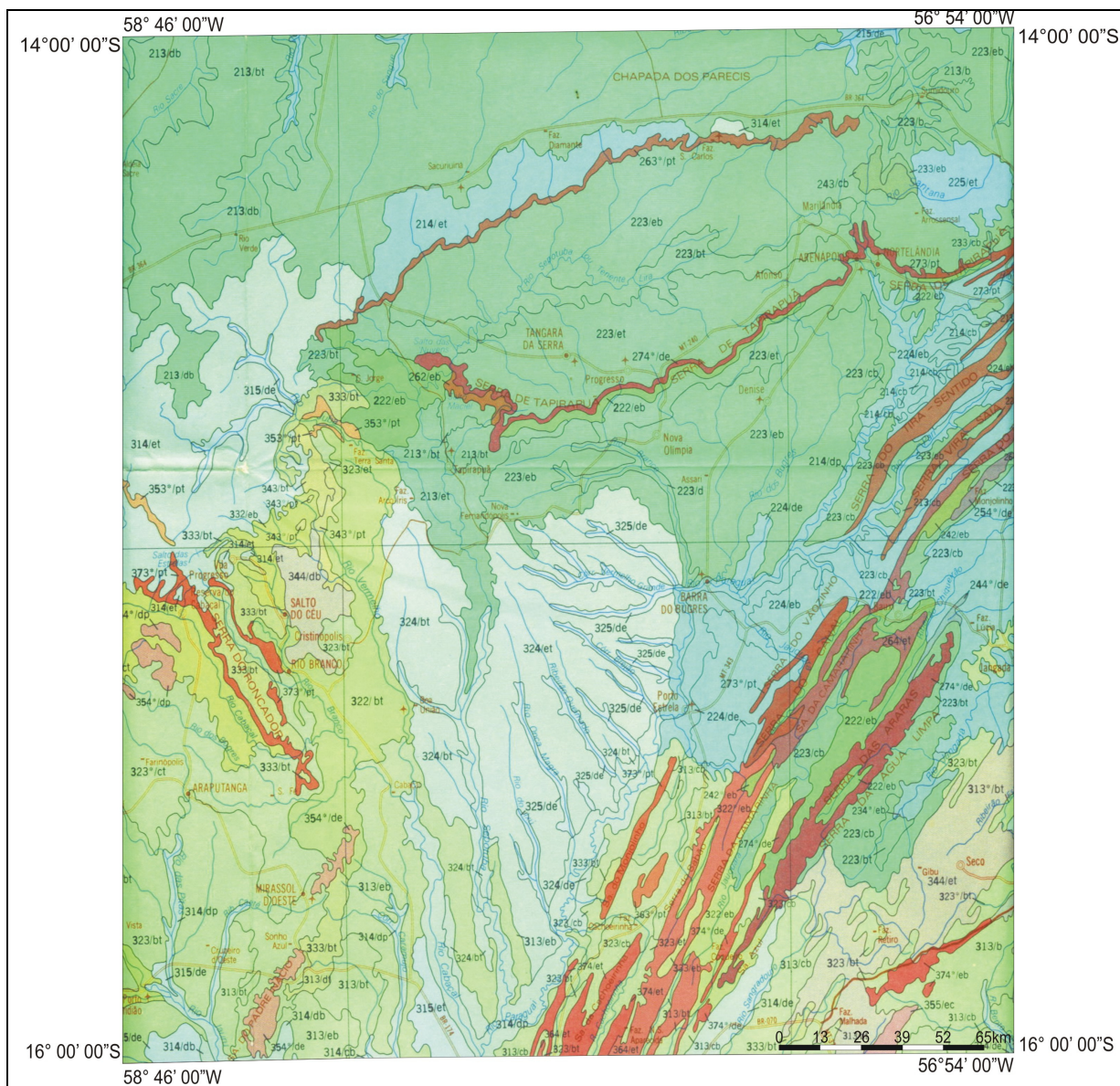


Figura 3: Mapa Geológico, Cuiabá - Folha SD. 21 - Projeto - RADAMBRASIL (1982)



As unidades são identificadas por um símbolo composto de três dígitos e duas letras. Os dígitos correspondem aos diferentes graus de restrição do clima, relevo e do solo e as letras às características físico-químicas ou morfológicas mais restritivas de seu solo, entre as oito seguintes:

sais solúveis.....s	soma de bases trocáveis.....b
drenagem.....d	profundidade efetiva.....p
estrutura e textura do horizonte B.....t	textura e estrutura do horizonte A.....t
capacidade de troca de cátions.....c	matéria orgânica.....m

Figura 4 : Mapa de Capacidade de Uso dos Recursos Naturais Renováveis, Cuiabá-Folha SD.21- Projeto RADAMBRASIL (1982)

Na área de cabeceira do rio Paraguai ocorrem solos concrecionários distróficos e cambissolos álicos, desenvolvidos sobre os metassedimentos e cobertos por savana arbórea aberta com mata galeria. Na parte norte da área ocorrem latossolos vermelho-amarelos distróficos e o restante dela está coberto por areias quartzosas. A cobertura do solo é feita

por floresta submontana com dossel emergente em sua parte norte e por savana arbórea densa em sua porção central e sul (Figura 5). Localmente ocorrem solos podzólicos vermelho-amarelo álicos cobertos por savana parque em floresta de galeria (RADAMBRASIL, 1982).

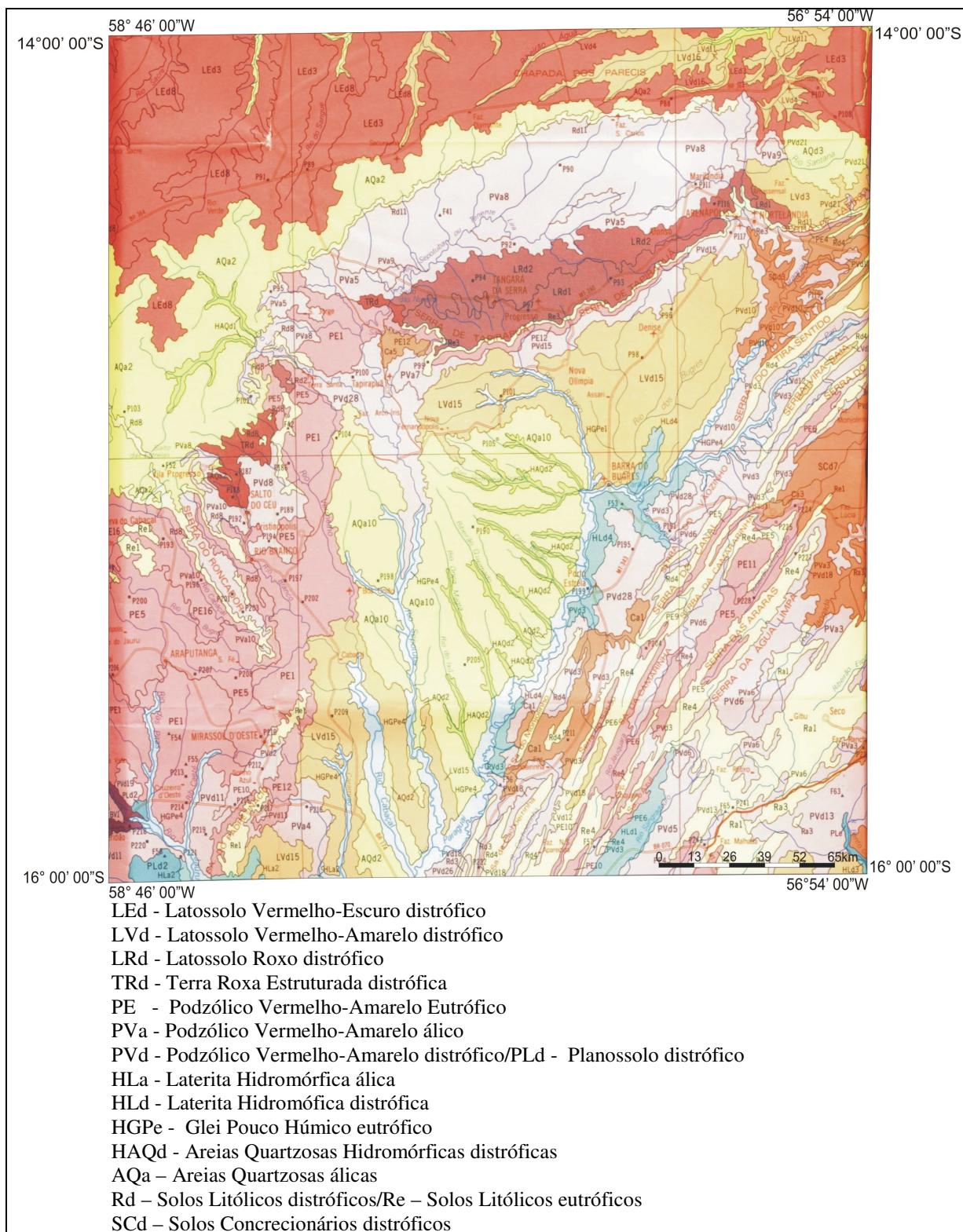
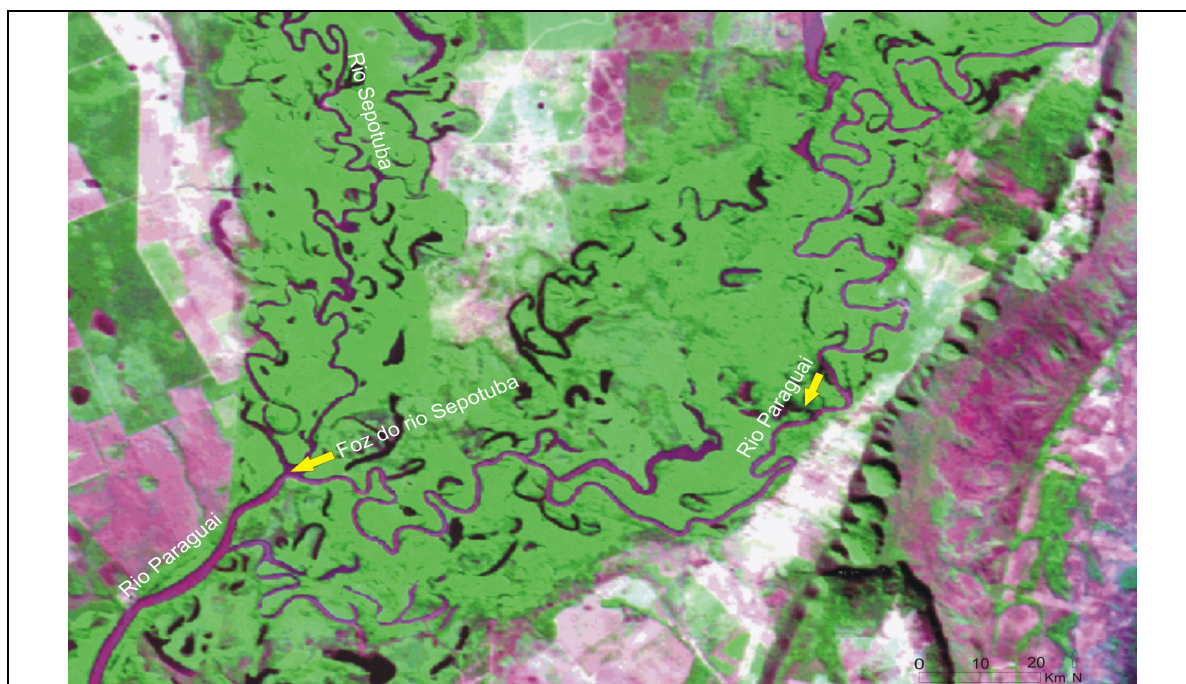


Figura 5: Mapa de solo, Cuiabá- Folha SD.21- Projeto RADAMBRASIL (1982)

O rio Paraguai e seu principal afluente nesta área, o rio Sepotuba, são os que podem ser melhor utilizados para a navegação (Figura 6).



Planície Fluvial do rio Paraguai e a Foz do rio Sepotuba entre as coordenadas $15^{\circ} 56' 44''$ S e $57^{\circ} 40' 34''$, imagem extraída do Google Earth no dia 30/10/2007 às 15:00h.



Figura 6: Fotografia tirada de montante para a jusante da Foz do rio Sepotuba na saída de campo do dia 19/07/2007

O clima da região de Cáceres caracteriza-se como Tropical com duas estações bem definidas (seca no inverno e úmida no verão), com temperatura média anual de 25° C. A precipitação média anual é de 1.300mm. O período de janeiro a março é o mais úmido, com média histórica de 220mm e o período entre setembro e outubro é o de maior índice de radiação solar, de temperaturas médias de 25,1C e 27,1 C e média histórica de 80 mm e a menor precipitação possui média histórica de 50mm.

Toda a área da bacia do rio Paraguai Superior era relativamente pouco ocupada no início da década de 1970. Conforme pode ser observado no mapa de vegetação (Figura 7), o que predominava era floresta submontana, floresta semidecidual, arbórea densa, parque sem floresta de galeria e arbórea aberta também sem floresta de galeria e savana. Àquela época, as principais áreas de ocupação estavam situadas entre Barra dos Bugres e Nortelândia, nas proximidades de Cáceres, Tangará da Serra, Rio Branco, Araputanga e Indiavaí e eram utilizadas para pastagem, e apenas nas proximidades de Mirassol do Oeste havia ocupação significativa para agricultura (RADAMBRASIL,1982).

De acordo, com MAITELLI et al. (2002), a vegetação associa-se com características do solo, clima e drenagem, reflete as condições do espaço físico e da região tropical continental do Centro-Oeste.

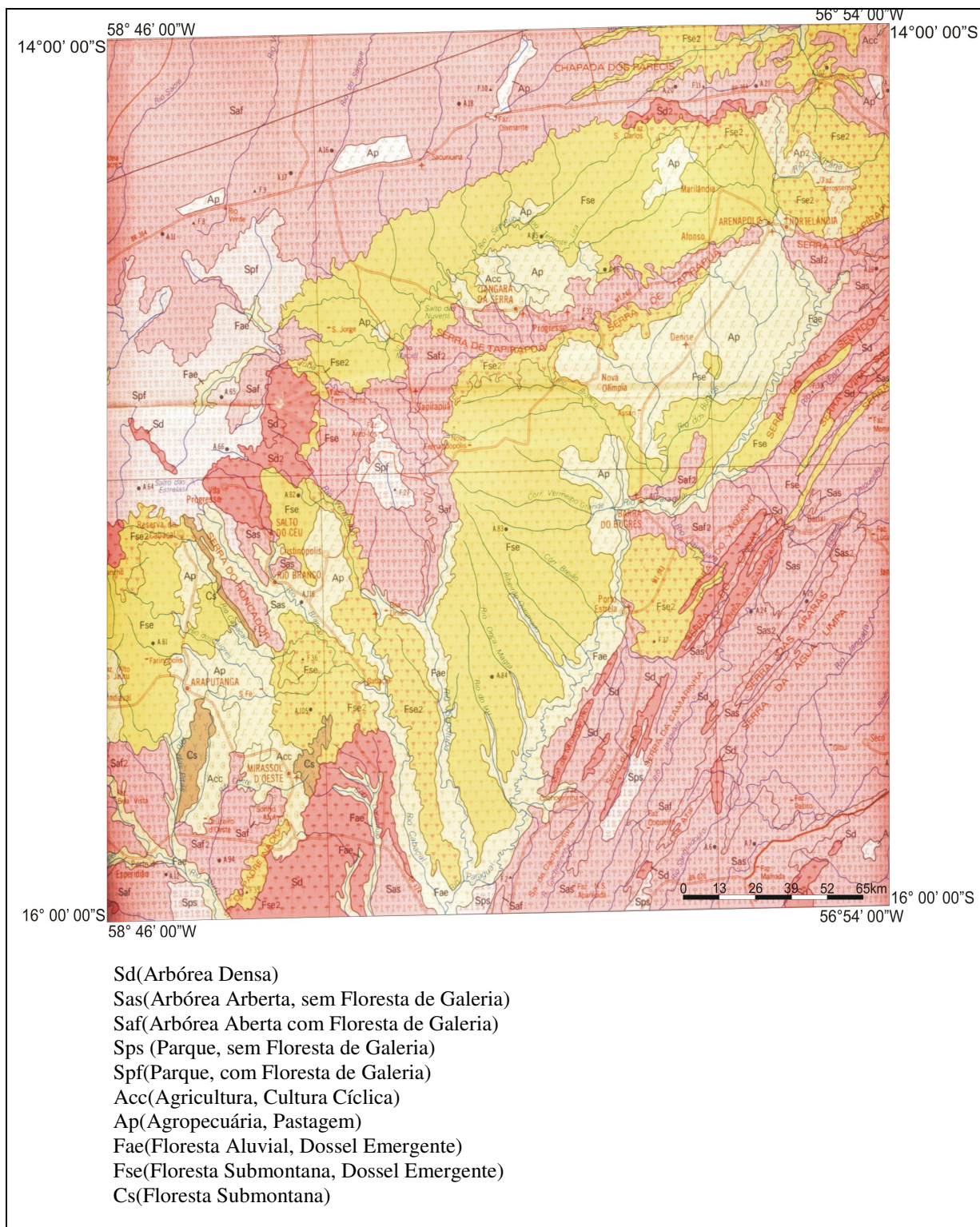


Figura 7: Mapa de vegetação, Cuiabá-Folha SD.21-Projeto RADAMBRASIL (1982)

A ocupação atual é bastante intensa. A remoção da vegetação natural vem sendo substituída pela pecuária e por plantações de soja, algodão herbáceo, milho, arroz e sorgo. Grande parte da agricultura é efetuada por meio de plantio direto, de acordo com SILVA (2006).

Nos últimos vinte anos, a perda da vegetação nativa para implementação de lavouras e de pastagens, além da destruição do habitat, acelerou os processos erosivos nas margens e conseqüentemente tem ocorrido o assoreamento do rio Paraguai, o qual têm intensificado as inundações com sérios prejuízos a fauna, a flora e a economia, GRIZIO et al. (2006). Contudo, Silva (2006), considera que o assoreamento do rio foi causado pelo desmatamento, o que teria aumentado a produção específica de sedimentos da bacia, e teria cessado quando as pastagens e as lavouras estivessem sidas estabelecidas. Os dados disponíveis concentração de sedimentos em suspensão (tabela 01) demonstram que essa afirmação está correta.

Tabela 01. Transporte de sedimento em suspensão, produção de sedimentos, e concentração de sedimentos suspensos do rio Paraguai em Cáceres (modificado de Silva, 2006)

Ano	Transporte (t/dia)	Produção específica (t/km²/ano)	Concentração (mg/l)
1977	9307	101	291
1978	10407	112	209
1979	3398	37	61
1980	5664	61	94
1981	7149	77	95
1982	5926	66	89
1986	6106	68	137
1997	2940	33	47
2004	920	10	21
2005	1193	13	32

O transporte de sedimento de fundo foi calculado apenas em 1982 pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), de acordo com Souza (2004). Segundo a autora, a carga de fundo correspondia a 19,3% da carga em suspensão. Embora não seja seguro afirmar que tal proporção seja permanente, ela permite uma avaliação do aporte de sedimentos arenosos no sistema, conforme as estimativas apresentadas no quadro 02. Os valores, demonstram em termos de ordem de grandeza que durante a década de 1970 e 1980 o aporte de sedimentos arenosos foi elevado e que diminuiu consideravelmente no final do período.

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1986	1997	2004	2005
Transporte de fundo (t/dia)	1796	2009	656	1093	1380	1144	1179	567	178	230

Quadro 02 - Estimativa do transporte de carga de fundo na seção fluvial da estação fluviométrica de Cáceres. (considerando que o transporte de fundo corresponde a 19,3% do transporte em suspensão). Fonte: Souza, 2004).

Trabalho de campo

Os levantamentos de campo realizados no decorrer da pesquisa foram de grande utilidade no esclarecimento de dúvidas sobre os alvos observados nas imagens de satélite para o seu mapeamento. Durante esta atividade objetivou-se o reconhecimento da área.

Os pontos georreferenciados foram de Cáceres a Foz do rio Sepotuba de acordo com a (Figura 08), seguindo seus respectivos pontos. A descrição de cada ponto (local, altitude, latitude, longitude), encontra-se no Quadro 3.

É possível visualizar esses pontos (Ponto 15 ao 33) através da sequência de fotos ilustrada na Figuras 09, 10 e 11.

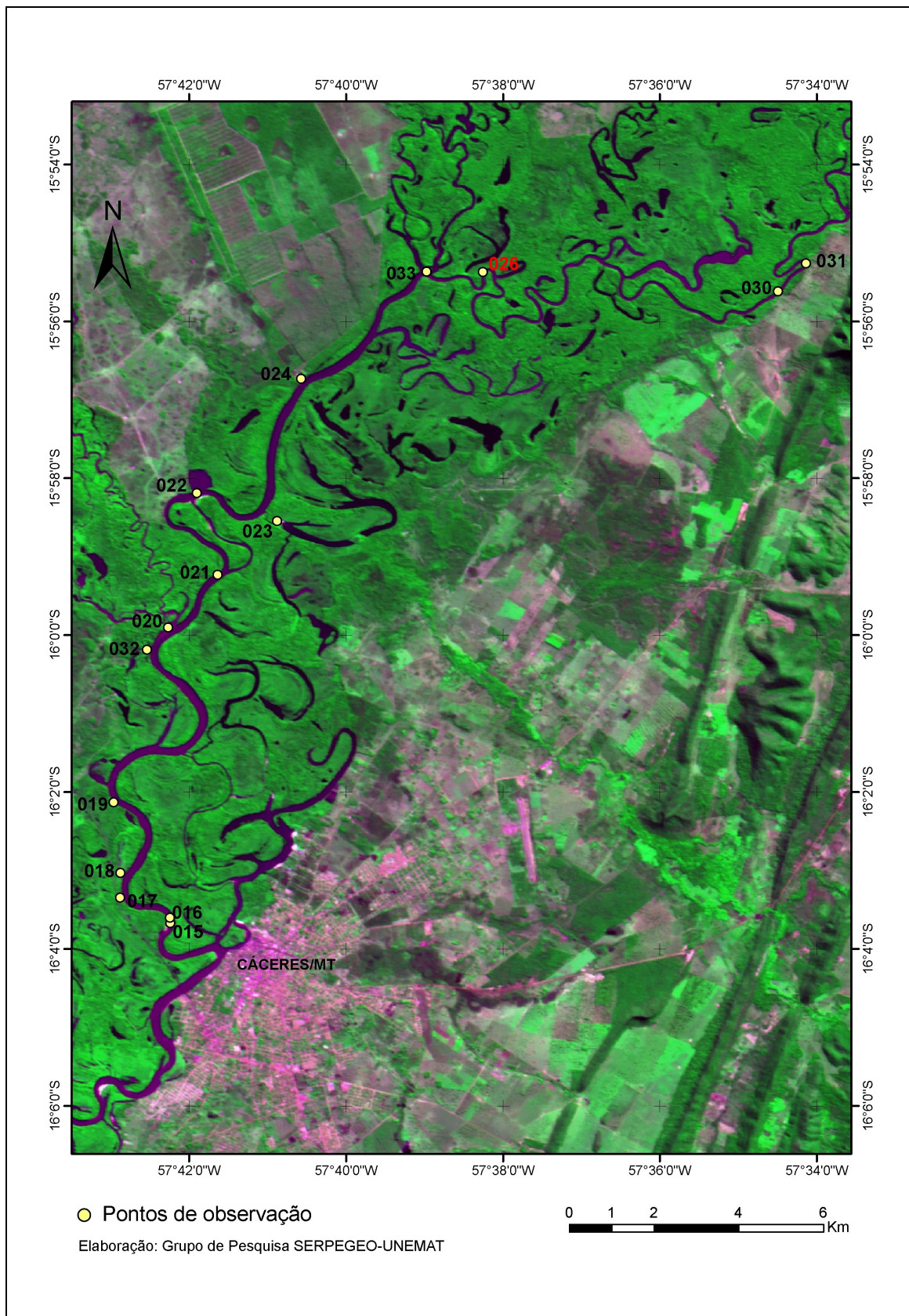


Figura 08: Pontos georreferenciados no trabalho de campo

Ponto	Local	Altitude	Latitude	Longitude
Ponto 15	Descrição marginal na margem direita do rio Paraguai a juzante do Júlio	108,51m	16° 03' 40" S	57° 42' 14" W
Ponto 16	Praia do Júlio	109,47m	16 ° 03' 36" S	57 ° 42' 15" W
Ponto 17	Ponto próximo a rodovia Br 070/174, erosão marginal	109,71m	16 ° 03' 21" S	57 ° 42' 15" W
Ponto 18	Nível alcançado pela cheia o rio Paraguai	111,15m	16 ° 03' 02" S	57 ° 42' 52" W
Ponto 19	Solapamento basal queda de bloco	111,15m	16 ° 02' 08" S	57° 42' 58" W
Ponto 20	Foz do rio Cabaçal	100,10m	15 ° 59' 54" S	57° 42' 16" W
Ponto 21	Saída da baía da Ximbuva	116,44m	15 ° 59' 14" S	57° 41' 38" W
Ponto 22	Ninhal	117,64m	15 ° 58' 11"	57° 41' 54" W
Ponto 23	Foz do rio Piraputunga	121,49m	15 ° 58' 33" S	57° 40' 53" W
Ponto 24	Antes da faz. Serraria Cáceres, margem direita, barranco alto	121,97m	15 ° 56' 44" S	57° 40' 34" W
Ponto 26	Margem direita com depósitos de seixos	120,04m	15 ° 55' 20" S	57° 38' 17" W
Ponto 30	Foz do córrego Silva	121,49m	15 ° 55' 37" S	57° 34' 30" W
Ponto 31	Após o porto das pedras, sede de fazenda na margem esquerda no fundo do porto	S/D	S/D	S/D
Ponto 32	Placa do gasoduto	111,63m	16 ° 00' 11" S	57° 42' 32" W
Ponto 33	Foz do rio Sepotuba	S/D	15° 56' 44" S	57 ° 40' 34"

Quadro 03: Pontos de observação na área de estudo


	
<p>Ponto 15: Descrição marginal na margem direita do rio Paraguai a juzante do Júlio</p>	<p>Ponto 16: Praia do Júlio</p>
	
<p>Ponto 17: Dique de inundação</p>	<p>Ponto 18: Nível alcançado pela cheia o rio Paraguai</p>
	
<p>Ponto 19: Solapamento basal queda de bloco</p>	<p>Ponto 20: Foz do rio Cabaçal</p>

Figura 09: Fotos dos pontos georreferenciados em campo

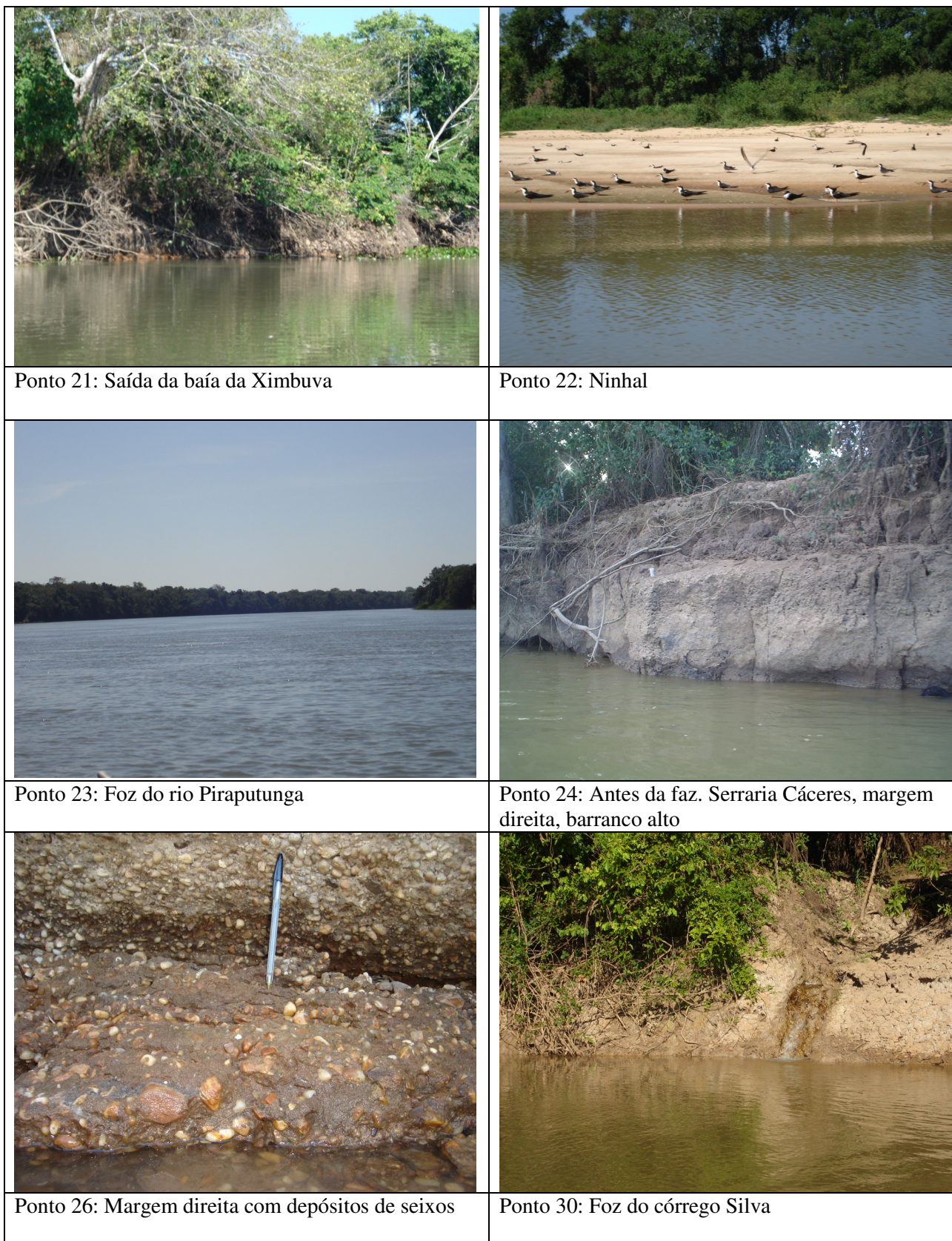


Figura 10: Fotos dos pontos georreferenciados em campo

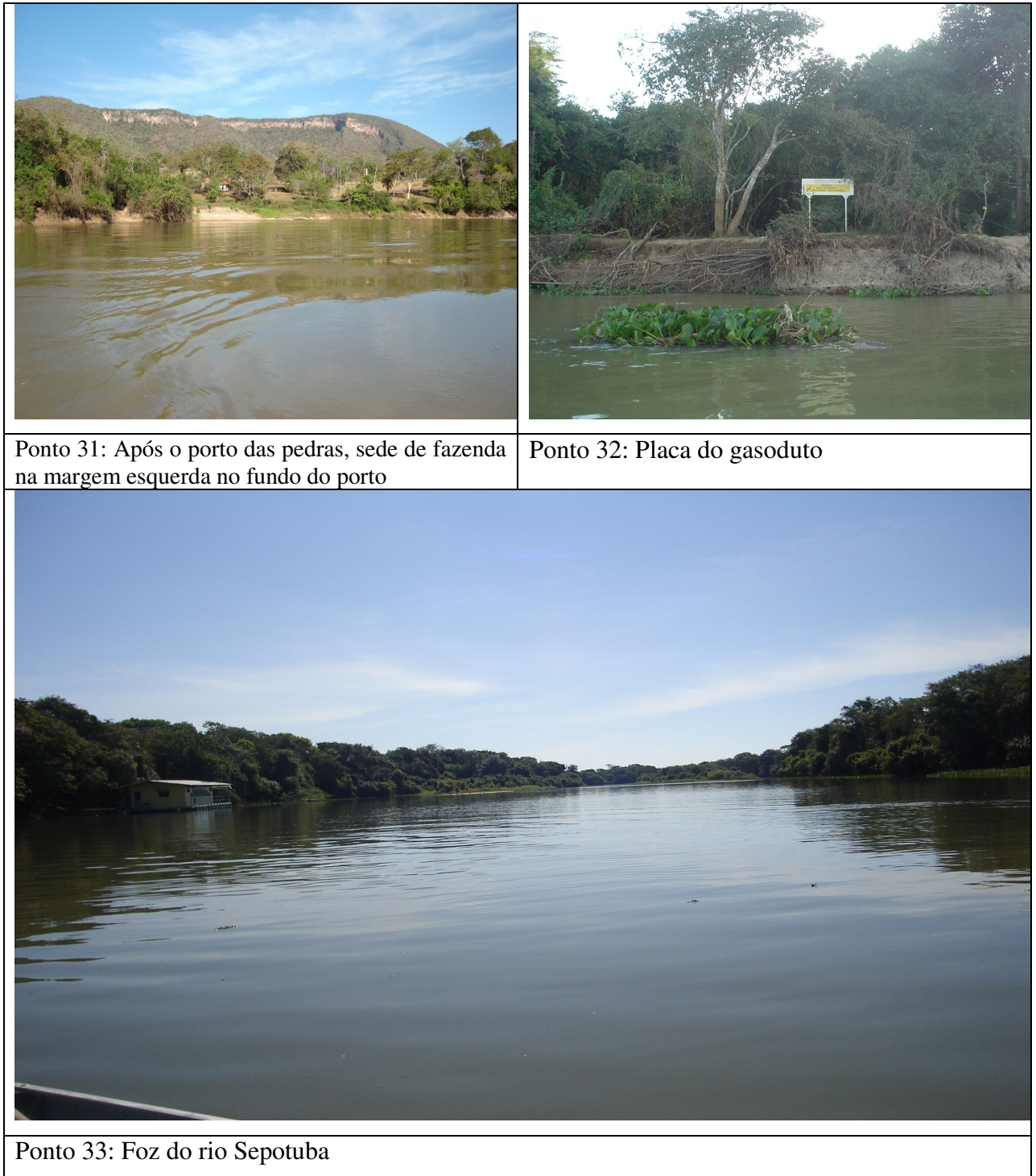


Figura 11: Fotos dos pontos georreferenciados em campo

4. Resultados

Com base nos totais anuais de vazão elaborou-se um gráfico de cada estação do comportamento mínimo, médio e máximo anual de fluviometria da área estudada (Figuras 12,13 e 14). Esses gráficos representam os meses de maior e menor vazão entre o período (1966 a 2005).

Em Barra do Bugres (figura 09) a vazão média anual do período foi de $154,90\text{m}^3/\text{s}$. As vazões mínimas variaram entre $4,7$ e $71,39\text{m}^3/\text{s}$, as vazões médias ficaram compreendidas entre $10,51$ e $331,81\text{ m}^3/\text{s}$, e as vazões máximas anuais oscilaram entre 82 e $1662,8\text{ m}^3/\text{s}$.

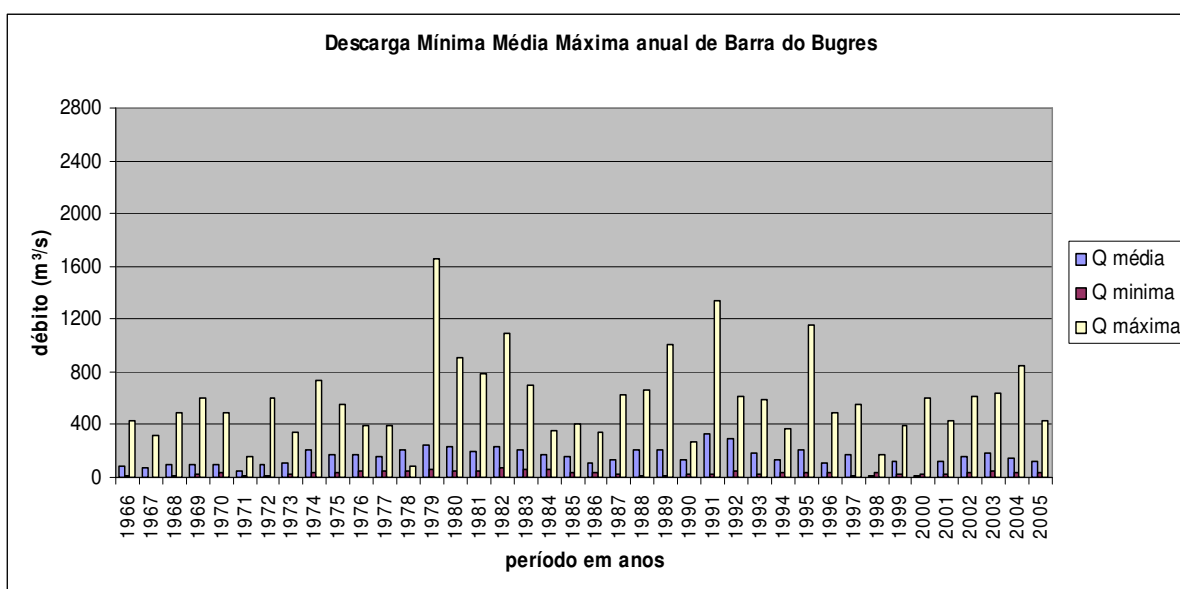


Figura 12: Descarga mínima, média e máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres, no período de 1966 – 2005

Em Cáceres (Figura 13), a vazão média do período foi de $536,48\text{m}^3/\text{s}$. As vazões mínimas aumentaram para um intervalo de valores situado entre $17,47$ e $333,2\text{m}^3/\text{s}$, enquanto que as médias anuais aumentaram para $266,28$ e $773,55\text{ m}^3/\text{s}$. Por sua vez, os valores máximos anuais subiram para um intervalo entre $472,8$ e $2659\text{m}^3/\text{s}$.

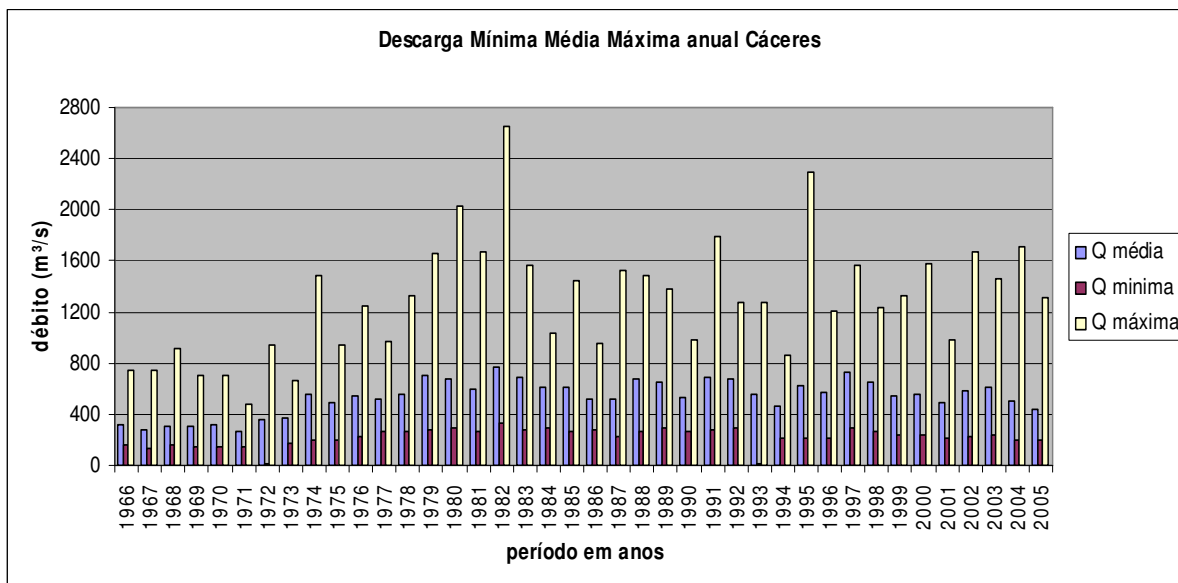


Figura 13: Descarga mínima, média e máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres, no período de 1966 - 2005

A estação de Descalvados (Figura 14) apresentou uma vazão média $585,55\text{m}^3/\text{s}$, com valores anuais variando entre $332,43$ e $804,78\text{m}^3/\text{s}$. A vazão mínima anual variou entre $157,24$ e $796,18\text{m}^3/\text{s}$, mas a vazão máxima anual apresentou variação entre $599,53$ e $1148,32\text{m}^3/\text{s}$, com limite superior com valor menor que o apresentado pela estação de Cáceres. Tal fenômeno está relacionado à perda de água para a planície, fazendo com que os valores de descarga mais elevada não sejam registrados na estação.

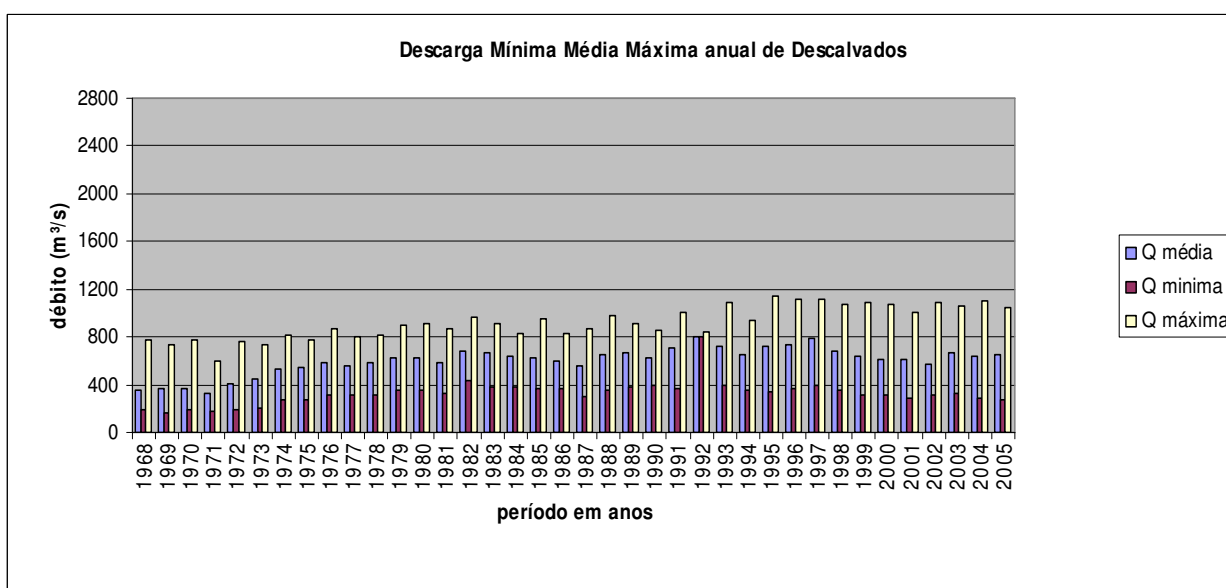


Figura 14: Descarga mínima, média e máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados, no período de 1968 – 2005

4.1 Variação temporal dentro do ano

A precipitação pluvial no meio tropical é um elemento importante para ser analisado, pois, através de seu “acompanhamento” pode-se caracterizar as estações secas e úmidas. Essas chuvas podem estar relacionadas com as convecções, que são movimentos ascendentes de ar úmido resultantes de pressões atmosféricas mais baixas, junto à superfície da Terra, segundo AYOADE (1986).

Para todos os setores, o período chuvoso se inicia em outubro, prorrogando-se até o mês de março. Existe um curto período de transição (abril e maio) entre os períodos chuvosos e o de estiagem, este último inicia-se definitivamente em junho, estendendo-se até setembro. O período chuvoso atinge seu ponto máximo nos meses de dezembro e janeiro, e o de estiagem nos meses de junho a agosto.

Na obtenção das características média pluvial na região em estudo, verificou-se que os meses mais chuvosos normalmente são novembro a março, os meses mais secos são abril a outubro (Figuras 15,16 e 17).

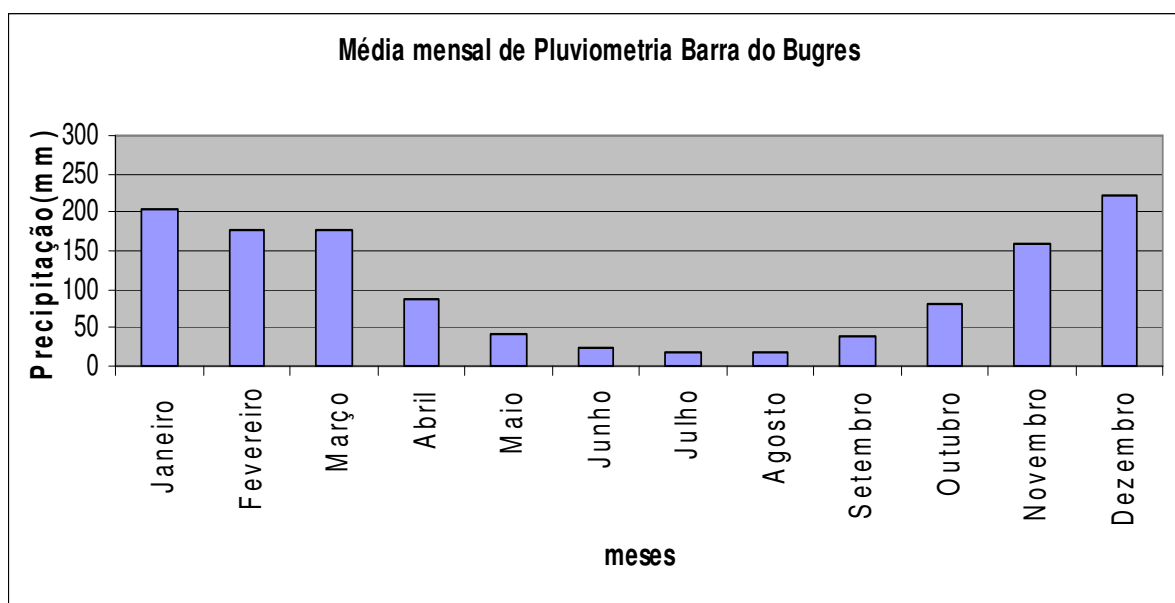


Figura 15: Precipitação média mensal na Estação Pluviométrica de Barra do Bugres – período 1969-2005

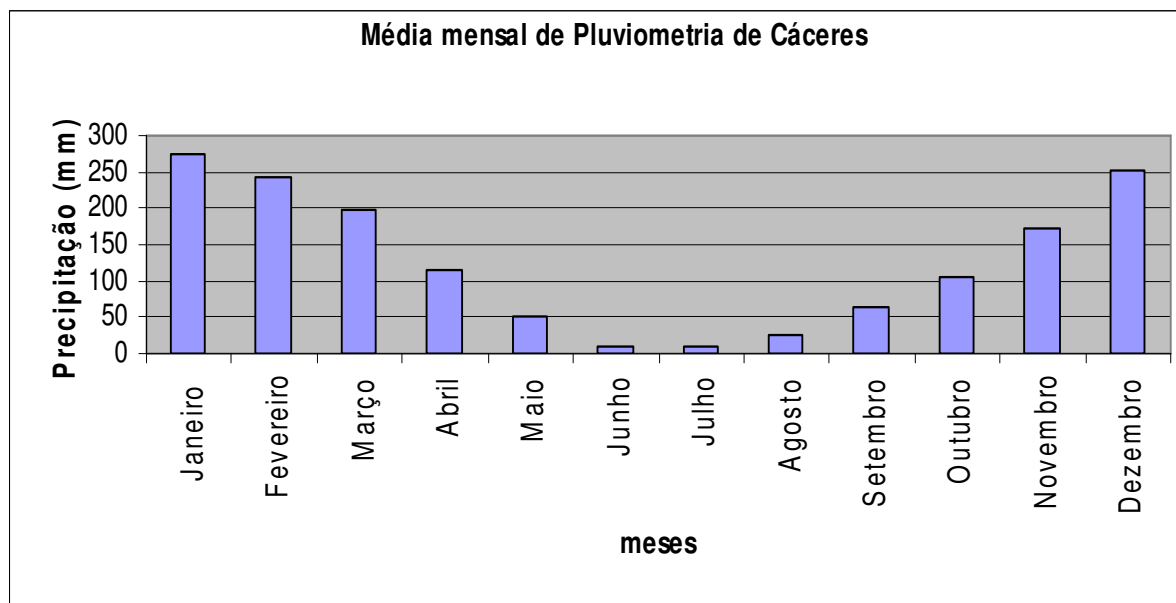


Figura 16: Precipitação média mensal do rio Paraguai na Estação Pluviométrica de Cáceres - período 1972-2005

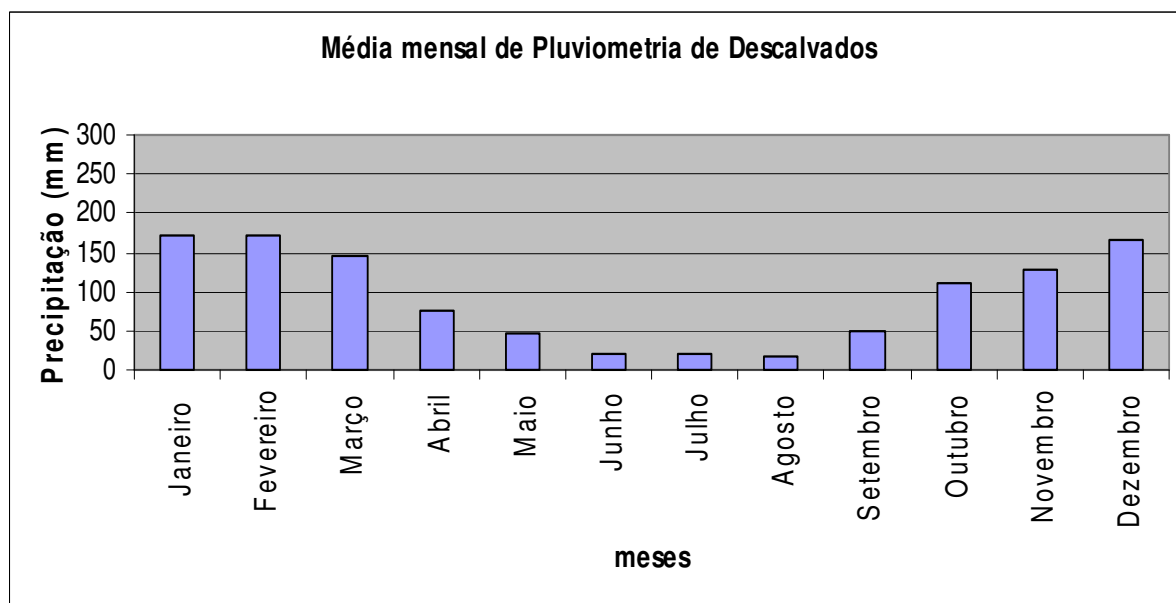


Figura 17: Precipitação média mensal na Estação Pluviométrica de Descalvados – período 1969-2005

O período de reposição de água no sistema hidrológico, devido à chuva, inicia-se em setembro. Essa reposição atinge o ponto máximo de acordo com o comportamento do período chuvoso, e permanece até meados de abril.

Os picos de cheias do rio Paraguai acontecem nos meses de dezembro a março, contudo no alto curso em alguns meses há variabilidades e acréscimos nos picos que

começam no mês de março. Os maiores picos geralmente acontecem entre dezembro e janeiro para o alto e médio curso (Figuras 15 e 16). Já os picos de cheias no baixo curso se dão a partir de dezembro até março (Figura 17), se constituindo num regime relativamente simples com uma temporada de cheia e outra de seca que está em conformidade com o clima da bacia, típico das áreas de ocorrência de cerrado, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas: a chuvosa frequentemente marcada nos meses de outubro a março e a estação seca que começa a partir de abril até setembro.

Em Barra do Bugres, a vazão média mensal é maior em março (Figura 18), em Cáceres a vazão média mensal é maior em fevereiro a abril (Figura 19). Em Descalvados a vazão média mensal é maior em fevereiro a abril, tendo seu pico em março (Figura 20). As figuras mencionadas demonstram que o regime de descargas mostram claramente um período de cheia e um período de vazante.

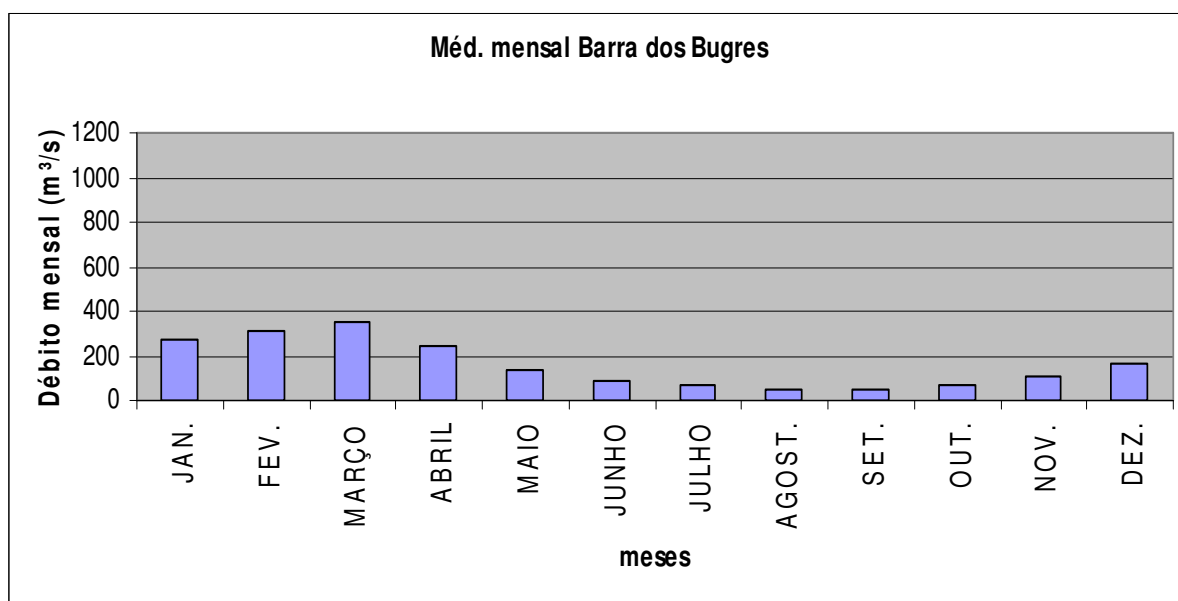


Figura 18: Vazão média mensal do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres – período 1969-2005

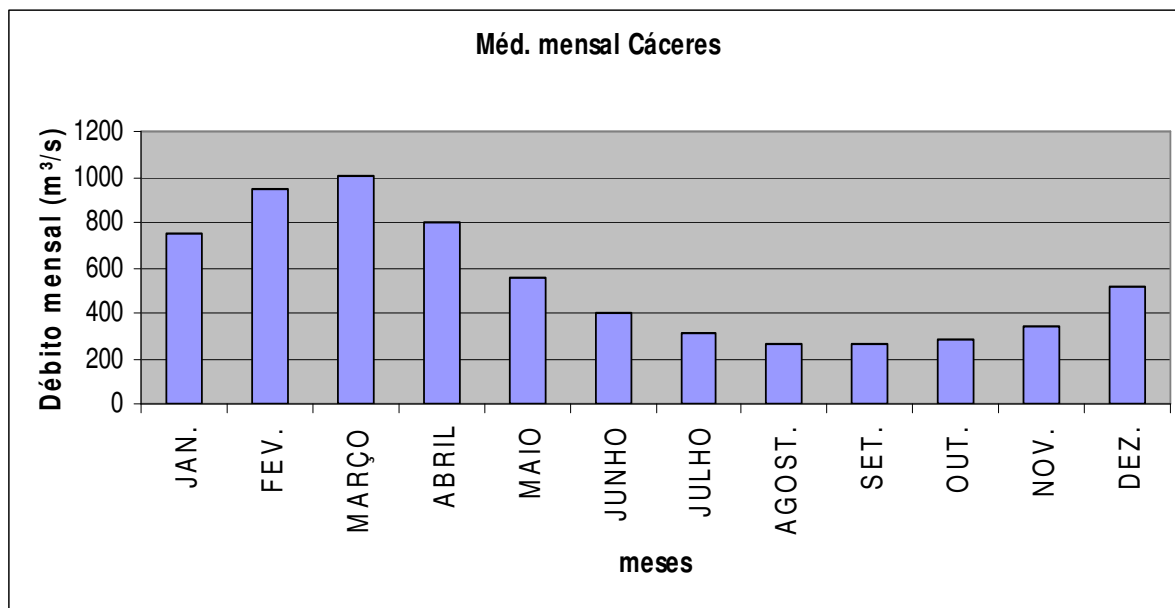


Figura 19: Vazão média mensal do rio Paraguri na Estação Fluviométrica de Cáceres - período 1972-2005

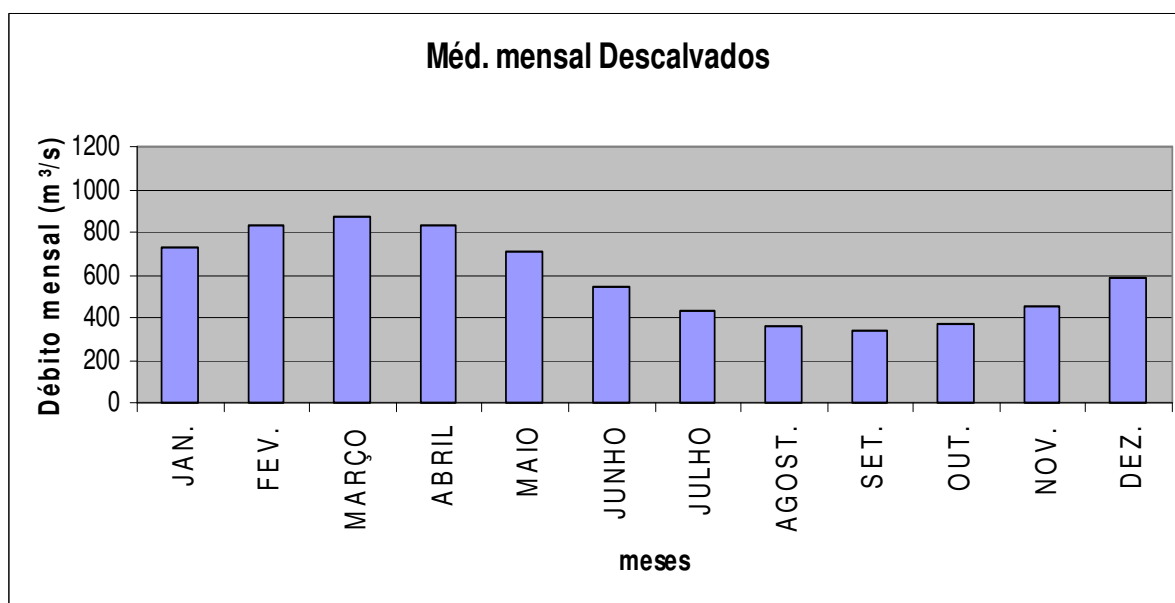


Figura 20: Vazão média mensal do rio Paraguri na Estação Fluviométrica de Descalvados – período 1969-2005

As três estações fluviométricas mostram diferentes relações entre a maior e a menor descarga média mensal. Na estação de Barra do Bugres a maior média mensal é 7 vezes maior que a menor média mensal, enquanto que em Cáceres o valor é de 3,9 vezes e em Descalvados o valor é de 2,6 vezes. A diminuição do valor de montante para jusante indica que à medida que a área de drenagem aumenta, a contribuição do fluxo de base para a

manutenção da descarga fluvial também aumenta. Contudo, deve-se fazer uma ressalva para o caso de Descalvados, uma vez que o rio perde água para a planície nos períodos de cheia, o que reduz as vazões mais elevadas na estação fluviométrica.

O valor mínimo de vazão, no período de estiagem, ocorre em setembro, ao longo de todo o trecho aqui estudado. É preciso notar que a vazão aumenta muito lentamente, permanecendo ainda com valores baixos nos meses de outubro e novembro, embora o período de chuvas já tenha iniciado. A resposta lenta do aumento da descarga deve estar relacionada a um elevado tempo de concentração, visto que a bacia de drenagem possui relevo plano, o que favorece a infiltração da água e dificulta o escoamento superficial, e possui depósitos inconsolidados espessos e permeáveis, o que favorece o armazenamento subterrâneo.

Durante o início do período chuvoso ocorre o armazenamento da água aportada por meio da precipitação. Neste momento o rio Paraguai ainda se encontra com níveis baixos e a descarga começa a aumentar conforme o fluxo de base aumenta. Dessa forma, os valores máximos de cheia vão ocorrer apenas dois ou três meses após o período de precipitação mais intensa.

4.2 Relação Precipitação Vazão

Os dados de precipitação média mensal indicam que a área de estudo é marcada por uma estação chuvosa e uma estação seca. Os dados de descarga média mensal indicam que há um período de cheia e um de vazante (figuras 18, 19, e 20). Contudo, a comparação entre a distribuição anual das chuvas e os dados de vazão indicam que a resposta fluvial à precipitação é lenta.

Uma vez que a resposta do sistema ao aporte de água na bacia não é imediata, é difícil estabelecer uma relação de causalidade entre a precipitação diária ou mensal com a descarga fluvial. Contudo, a título de averiguação, foi tentado verificar a existência de relação entre a precipitação anual registrada nas estações fluviométricas e a descarga média anual.

Como primeiro passo foi verificada a correlação entre os dados de precipitação e de descarga média anuais nas três estações por meio da utilização de gráficos preparados por meio do uso do programa Excel (Figura 21, 22 e 23). A observação desses gráficos

permitiu observar que em Descalvados os pontos apresentam grande dispersão, o que já era esperado, uma vez que o rio perde água para a planície fluvial.

Nas outras duas estações as nuvens de pontos apresentam uma distribuição que indica uma correlação. Para testar essa hipótese os dados foram tratados por meio de análise de regressão utilizando-se o programa “Statística”.

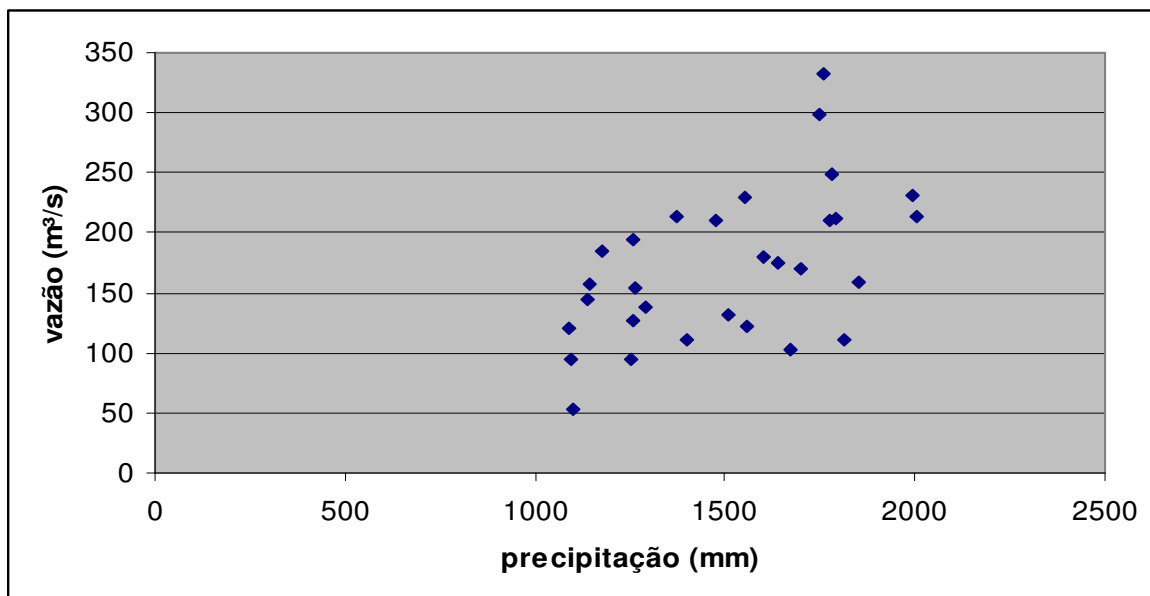


Figura 21: Correlação entre os dados vazão média anual e precipitação anual em Barra dos Bugres

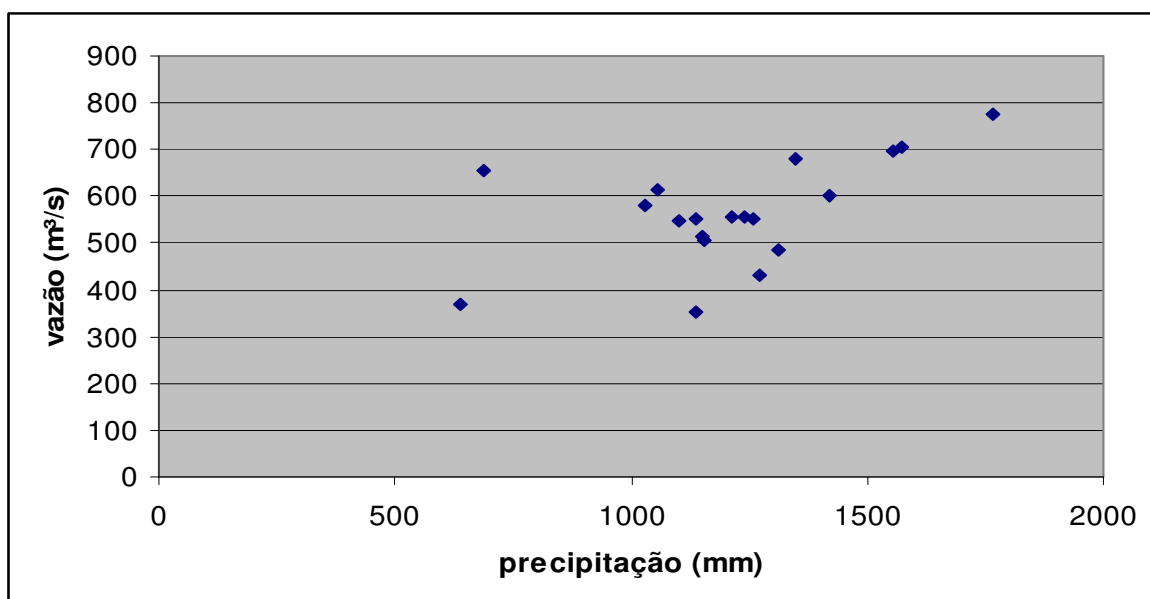


Figura 22: Correlação entre os dados vazão média anual e precipitação anual em Cáceres

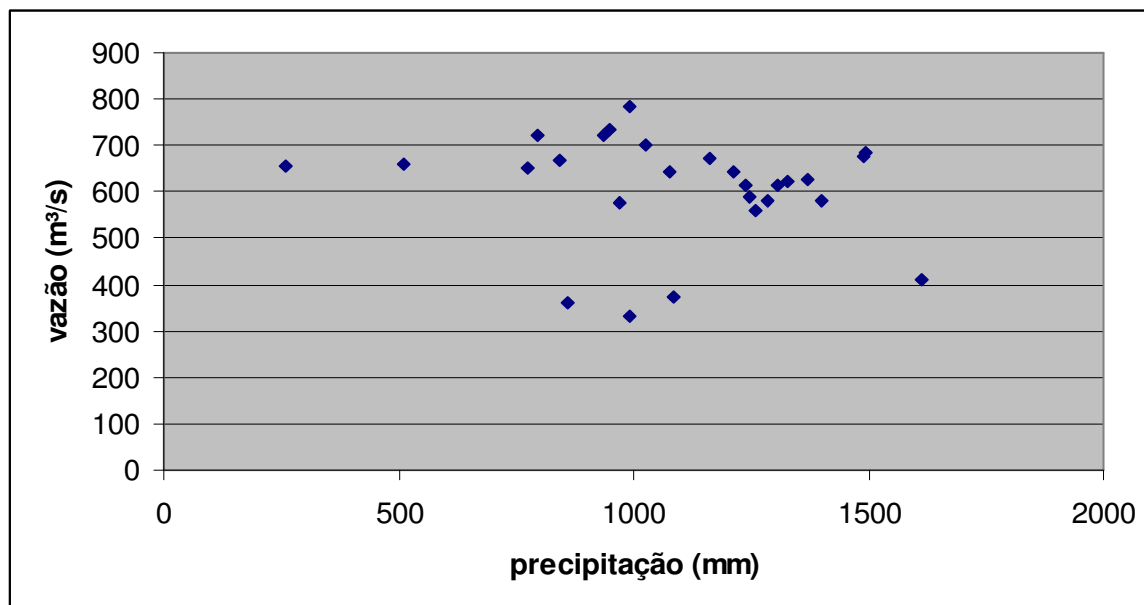


Figura 23: Correlação entre os dados vazão média anual e precipitação anual em Descalvados

Os resultados da análise de regressão linear dos dados da estação de Barra dos Bugres demonstram uma baixa correlação entre os dois conjuntos de dados (Figura 24), uma vez que o r^2 é de 0,29. A baixa correlação pode ser explicada de diversas formas: a estação não representar a distribuição da precipitação na bacia; o período adotado (ano civil) não ser o mais adequado, uma vez que há um atraso na resposta fluvial à precipitação; ou há mudança da relação entre as variáveis ao longo da série, ou seja, a relação precipitação vazão modificou-se ao longo do tempo.

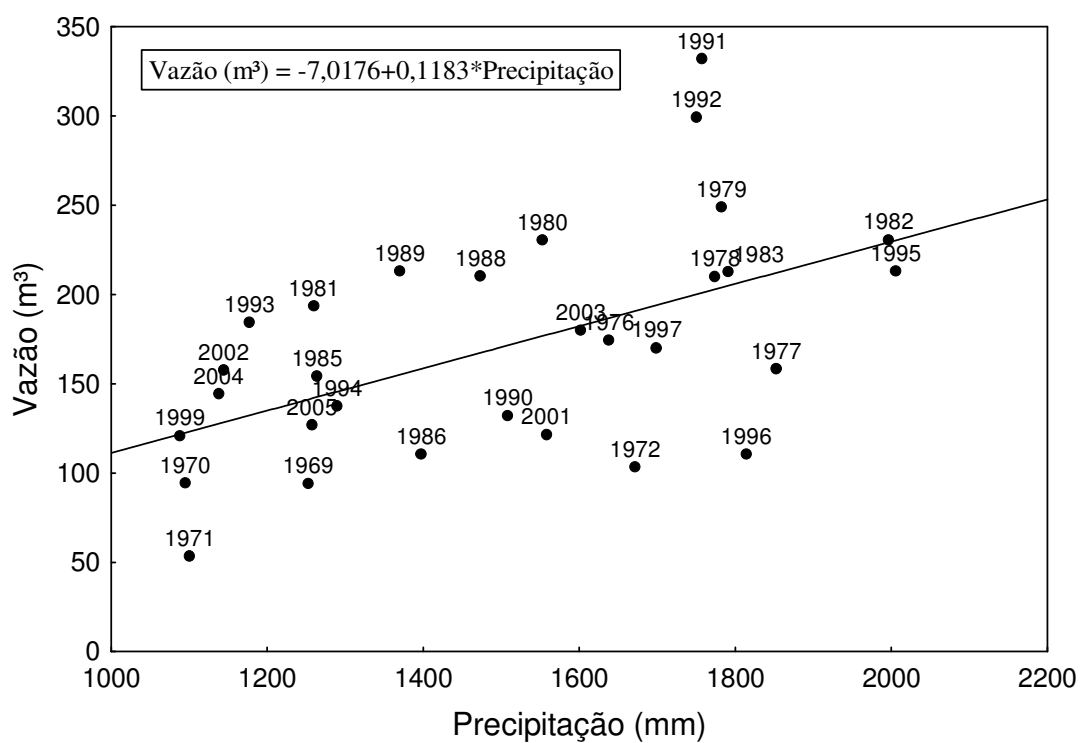


Figura 24: Período de 1969 – 2005 da média anual de vazão e precipitação da estação de Barra do Bugres

No caso da estação de Cáceres a situação é semelhante a de Barra do Bugres (Figura 25), uma vez que o r^2 é baixo (0,30). Neste caso, a explicação para a baixa correlação inclui ainda o fato de não haver sido ponderado os dados de precipitação relativos à estação anteriormente mencionada.

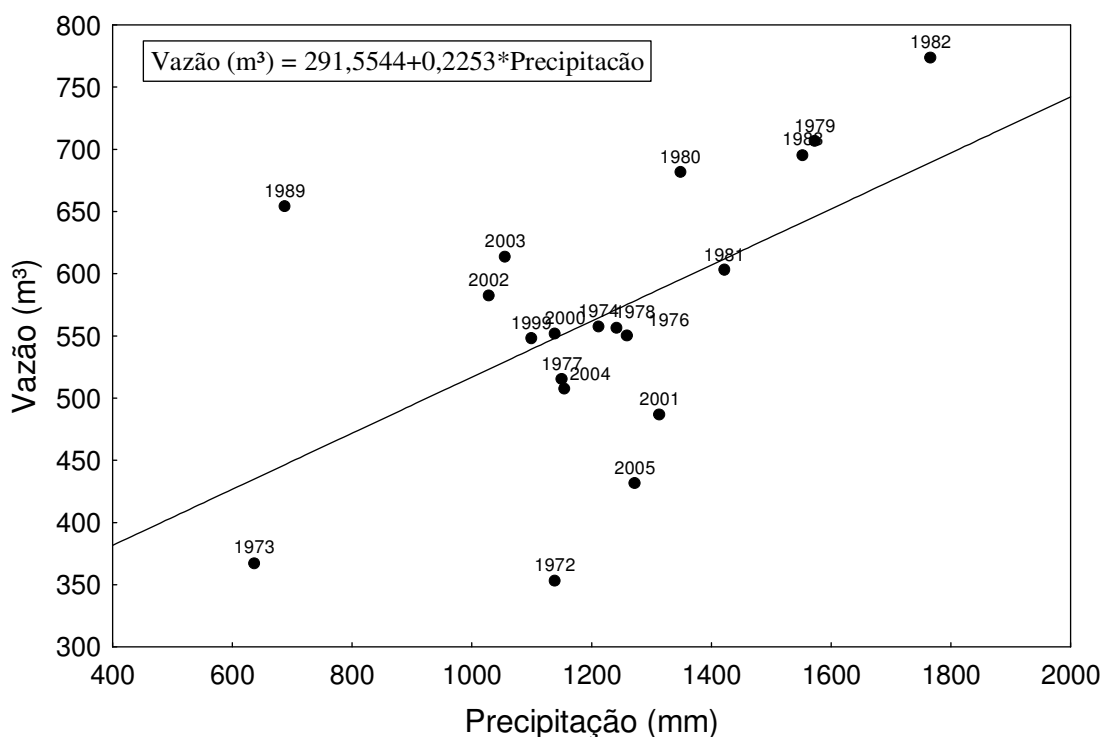


Figura 25: Período de 1969 – 2005 da média anual de vazão e precipitação da estação de Cáceres

Em função dos resultados obtidos nas figuras 21 a 25, os dados foram reavaliados, estabelecendo um novo período anual, com início em setembro (mês de mínimo de vazão e baixa precipitação). Os valores foram transformados para a mesma medida, no caso m^3/ano , facilitando dessa forma a análise dos mesmos. Essa medida permite solucionar duas prováveis fontes de incerteza: o deslocamento temporal entre o máximo da precipitação e o máximo da vazão, e um provável erro oriundo da comparação de valores com diferentes grandezas.

Os dados obtidos para Barra do Bugres (Figura 26) indicam que a correlação (r^2) entre os dados de precipitação e vazão é muito baixa (0,10), indicando que os dados de precipitação da referida estação não representam o total precipitado na bacia, ou que há modificação dessa relação ao longo do tempo. A ausência de outras estações pluviométricas nessa parte da bacia impede o avanço dos estudos a esse respeito.

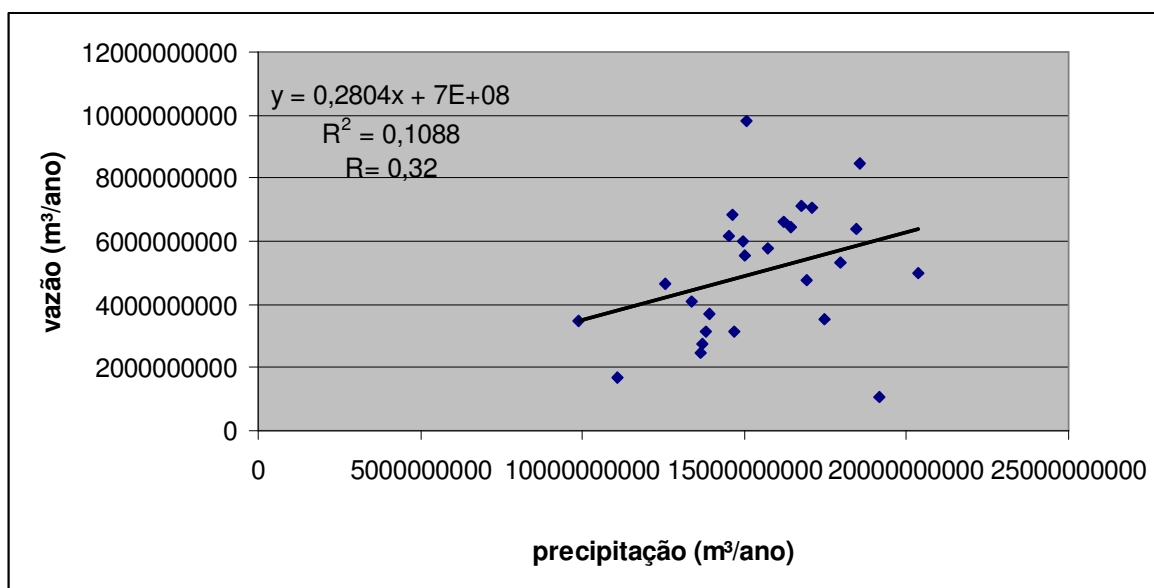


Figura 26: Correlação de dados de vazão e precipitação da estação de Barra do Bugres

Os dados da estação de Cáceres (Figura 27), mostram que o r^2 (0,59) foi bem superior ao da estação de Barra do Bugres (0,10), mostrando que há uma correlação entre os dois conjuntos de dados, embora ela seja baixa. Mais uma vez é possível que o valor obtido seja baixo devido à falta de representatividade das estações pluviométricas, ou devido a uma modificação da relação precipitação vazão.

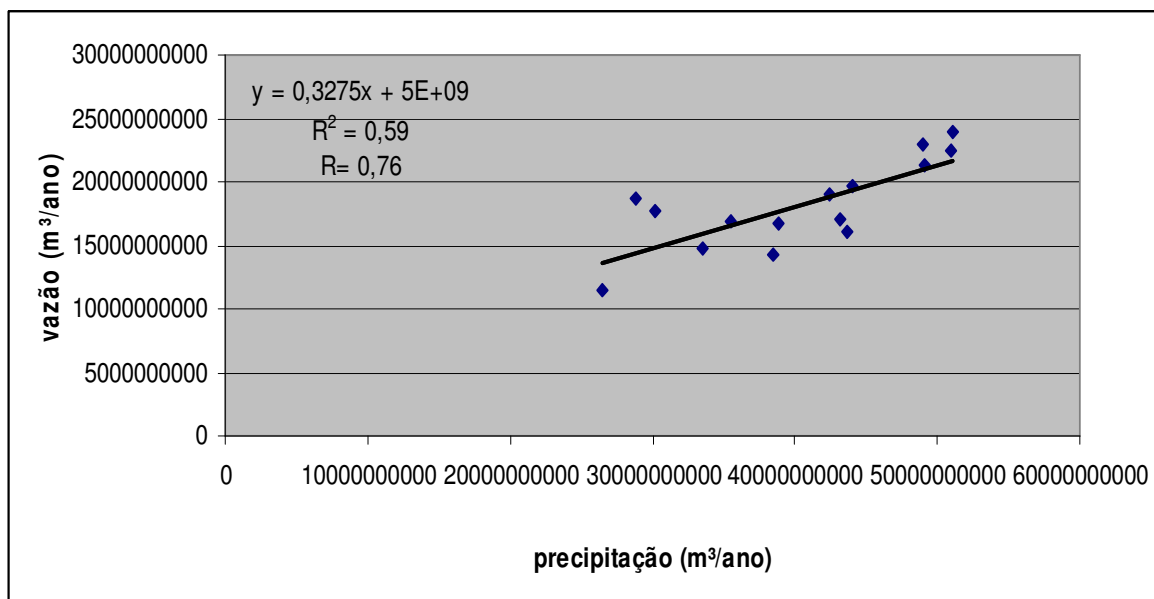


Figura 27: Correlação de dados de vazão e precipitação da estação de Cáceres

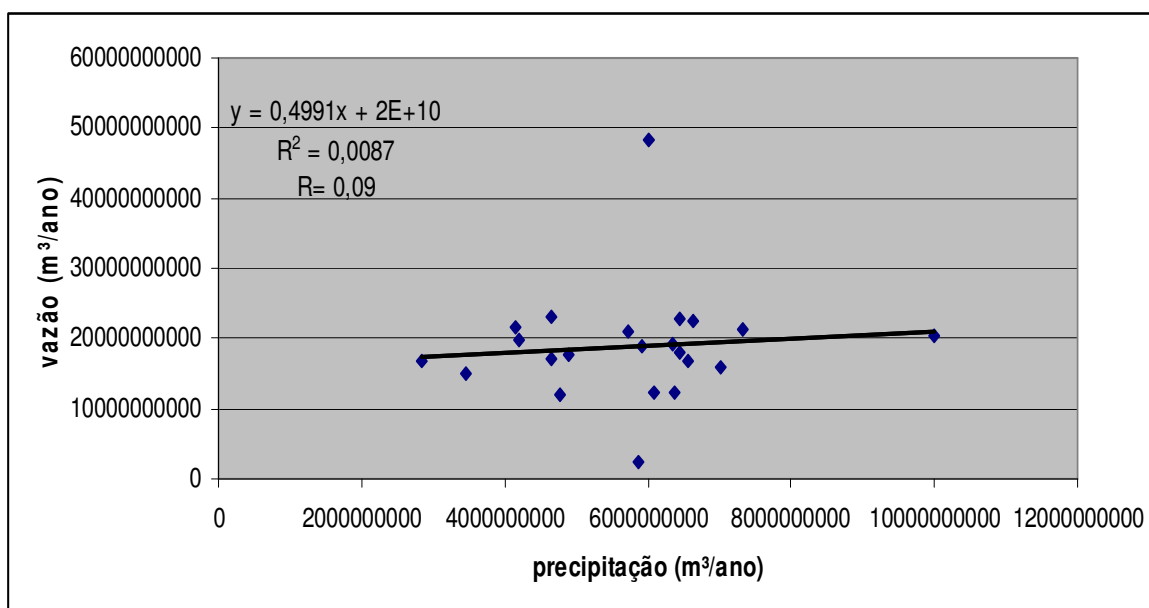


Figura 28: Correlação de dados de vazão e precipitação da estação de Descalvados

Como esperado, a estação de Descalvados (Figura 28), apresentou um valor insignificante de r^2 (0,008), uma vez que ela não registra valores mais elevados de vazão, conforme já discutido.

4.3 Variação temporal nas séries

Os dados de vazão média anual da estação de Barra do Bugres (Figura 29) demonstram há ciclos de aumento e diminuição da vazão que repetem-se a cada quinze anos. O menor valor da série ($53 \text{ m}^3/\text{s}$) ocorreu em 1971 e marca o encerramento do ciclo anterior, não registrado inteiramente, e o início de um ciclo que se desenvolveu até 1986 ($110 \text{ m}^3/\text{s}$), quando um novo ciclo foi iniciado e veio a se encerrar em 2001 ($121,52 \text{ m}^3/\text{s}$). Apesar dessa variação, a série histórica mostra uma tendência ao aumento da vazão média a partir do início da década de 1970.

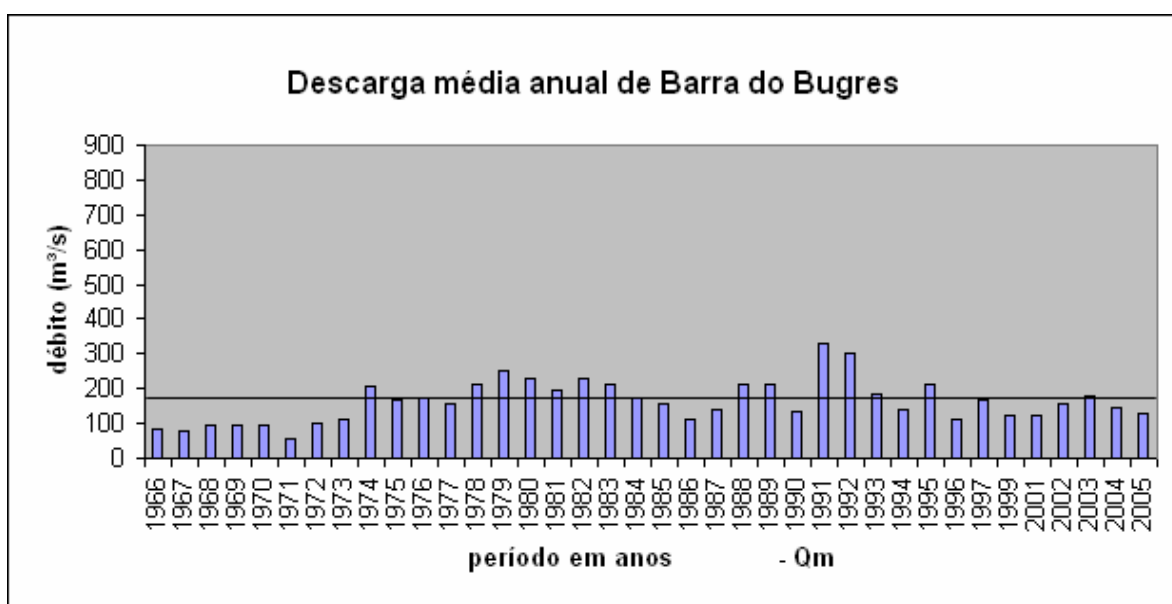


Figura 29: Vazão média anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres

Os dados de descarga média anual em Cáceres (Figura 30) também evidenciam a existência do ciclo de aumento e diminuição da vazão entre 1971 e 1986, contudo, o ciclo seguinte não está bem definido. No entanto o aumento da vazão média a partir de 1972 é muito evidente.

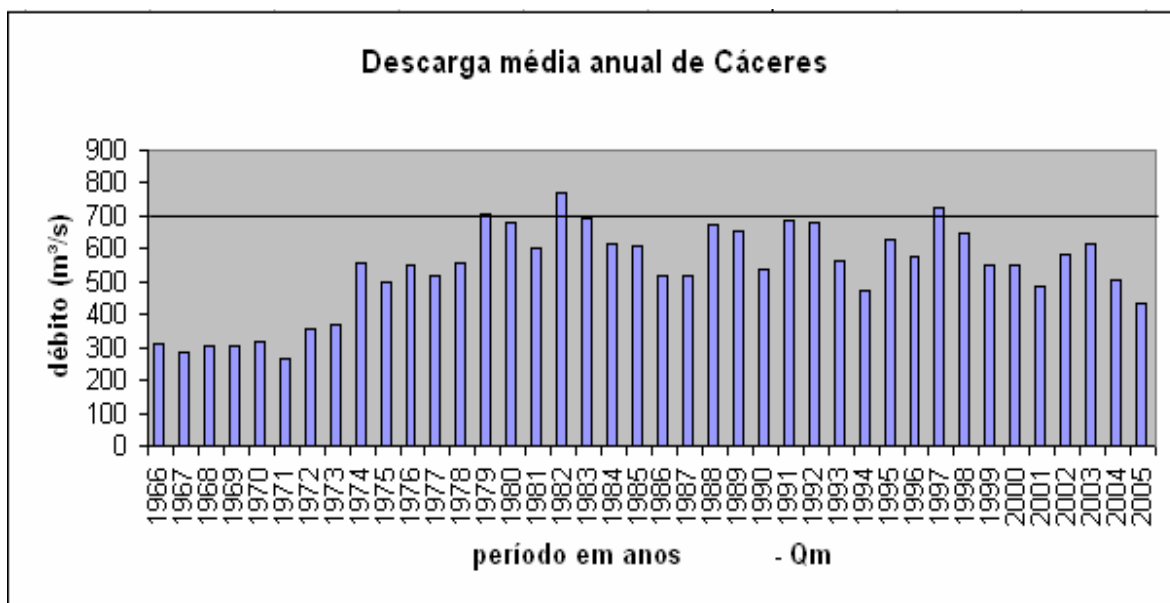


Figura 30: Vazão média anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres

Os dados da estação de Descalvados (figura 31) mostram claramente os ciclos definidos pelos valores de vazão mais baixas em 1971, 1987 e 2002, assim como também deixam evidente o aumento dos valores de vazão a partir de 1972.

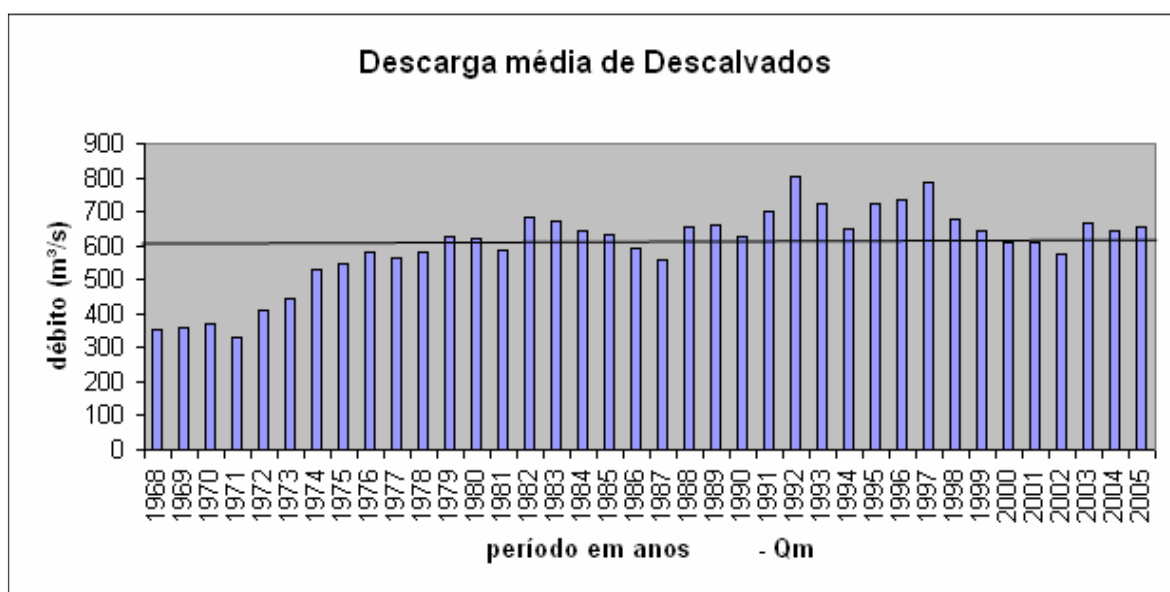


Figura 31: Vazão média anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados

Os dados relativos à descarga mínima anual e à descarga máxima anual das três estações (Figuras 32 a 37), indicam uma situação semelhante à mostrada pelos dados de vazão média anual, principalmente no que diz respeito às estações de Cáceres e de Descalvados.

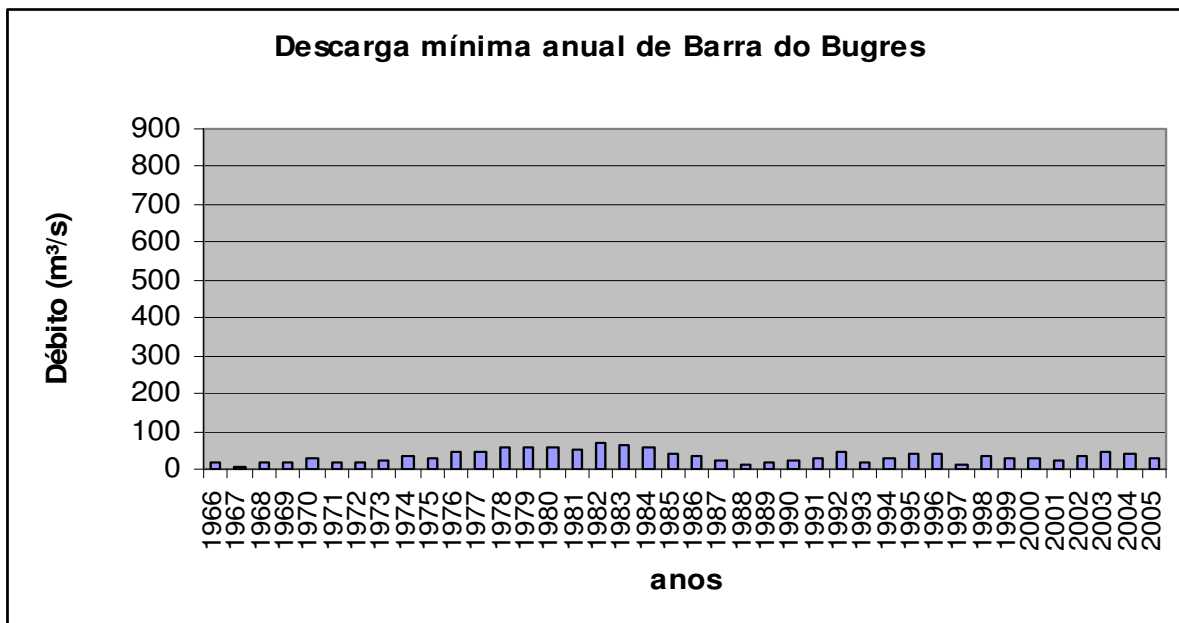


Figura 32: Vazão mínima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres

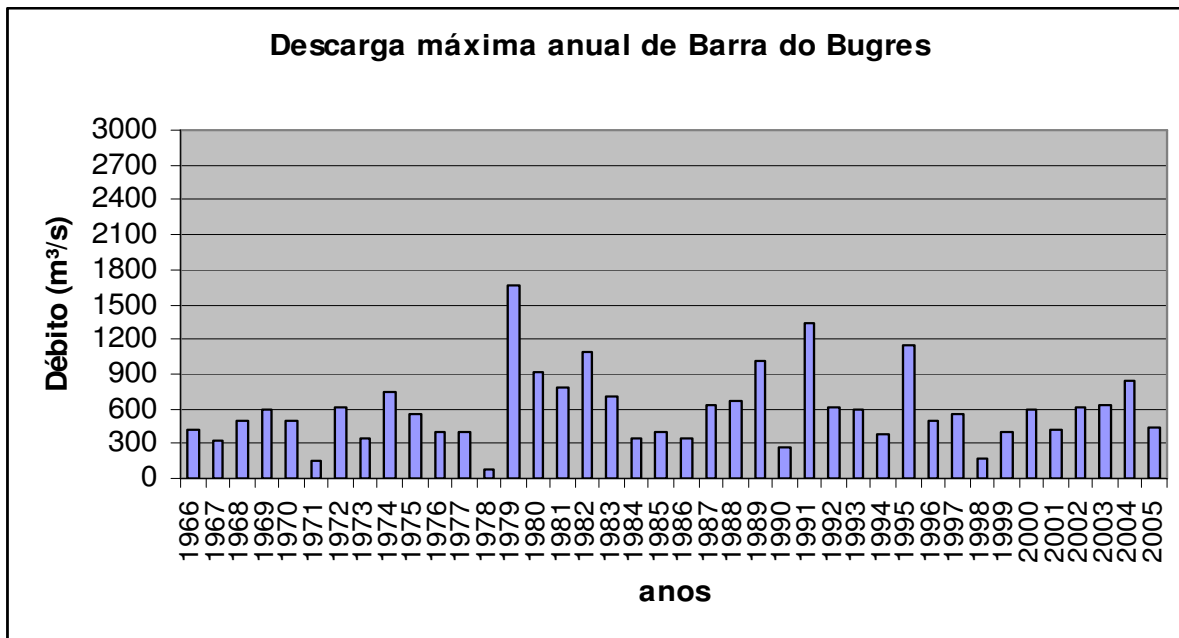


Figura 33: Vazão máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Barra do Bugres

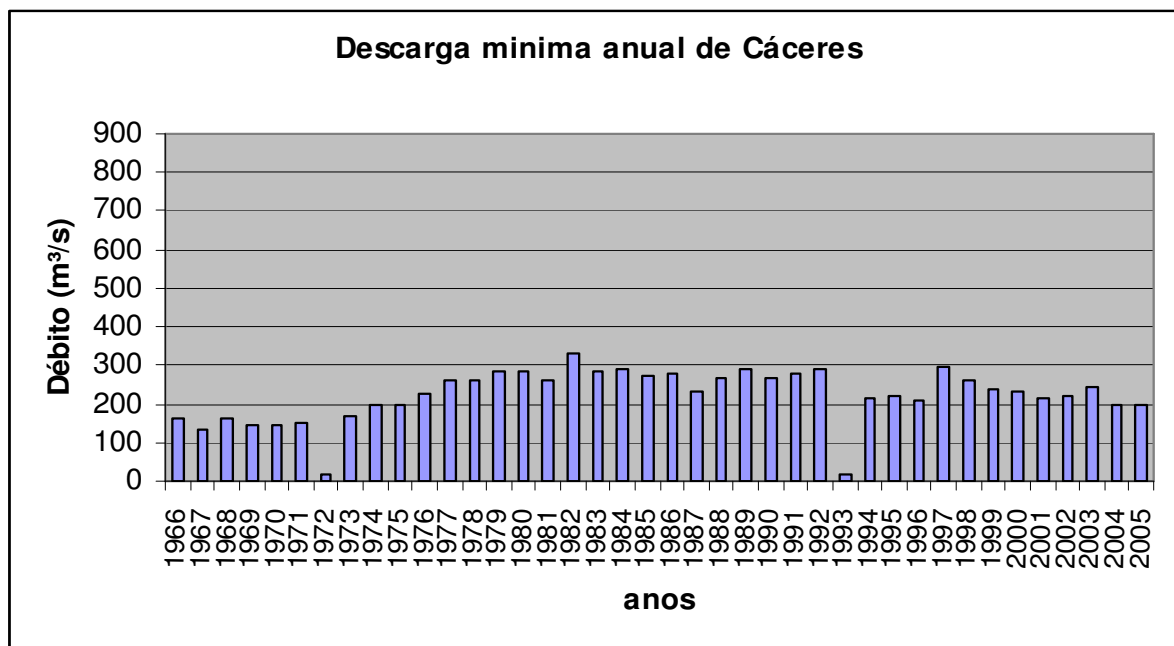


Figura 34: Vazão mínima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres

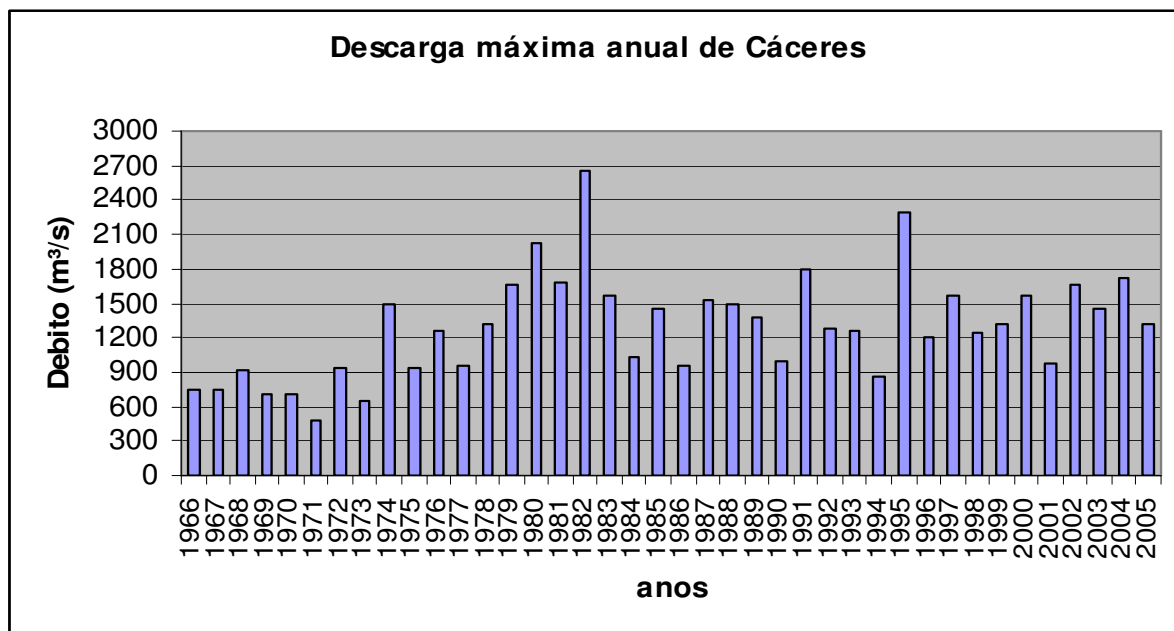


Figura 35: Vazão máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Cáceres

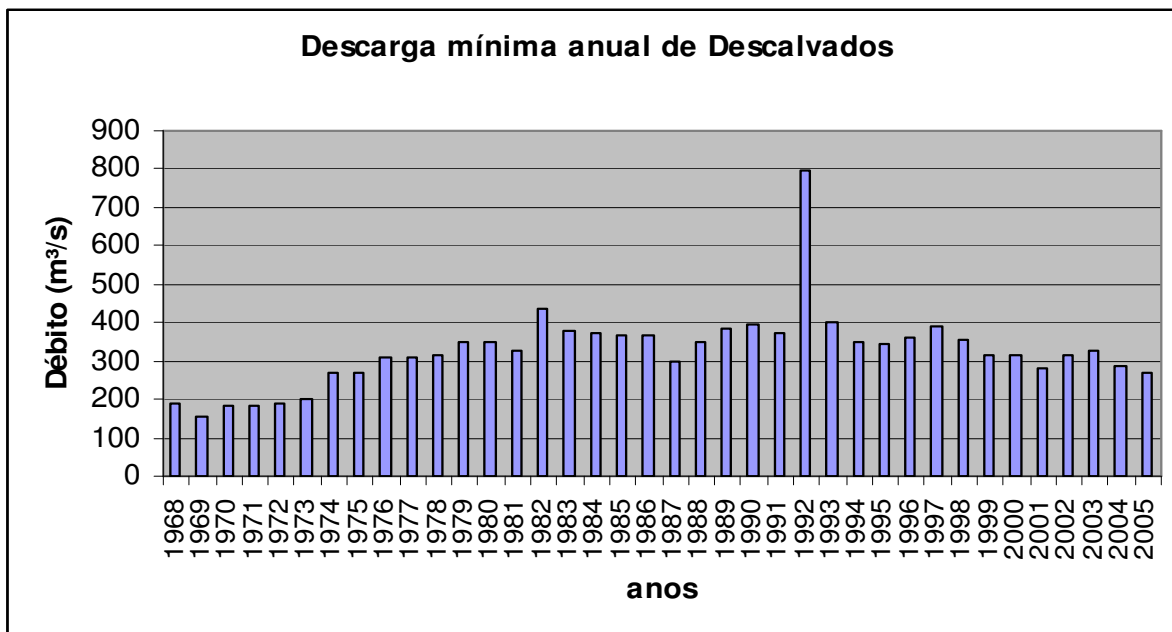


Figura 36: Vazão mínima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados

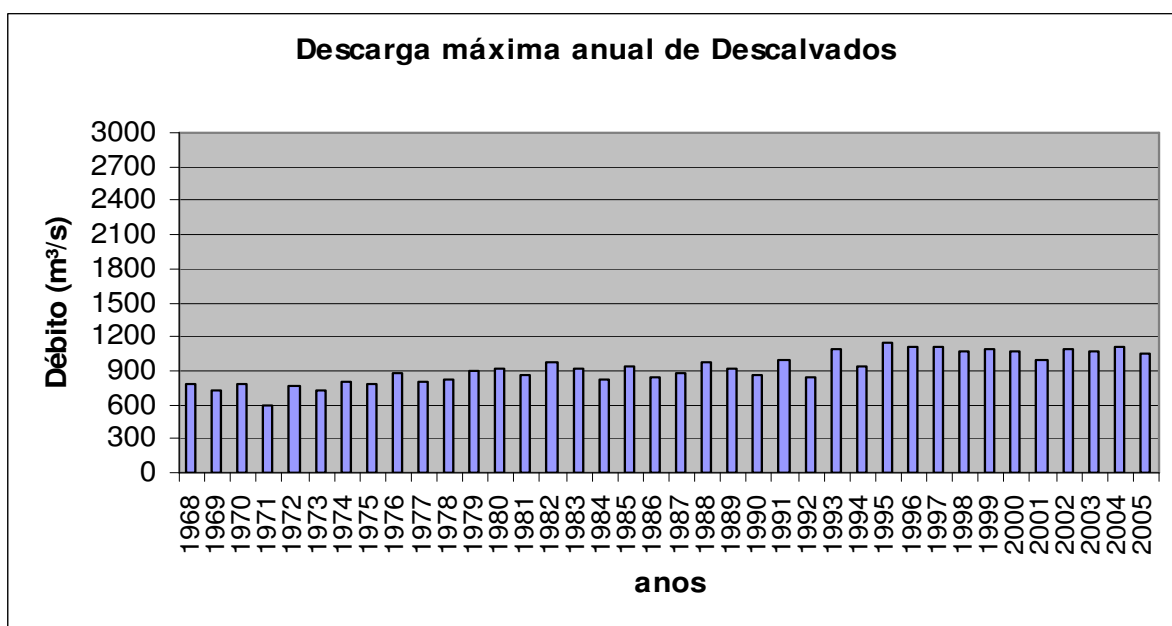


Figura 37: Vazão máxima anual do rio Paraguai na Estação Fluviométrica de Descalvados

A comparação entre os valores de descarga mensal (mínima, média e máxima) nos anos do início e do final das séries históricas deixa mais evidente o aumento da quantidade de água escoada pelo rio Paraguai.

Os dados da estação de Barra do Bugres (figuras 38 e 39) demonstram o aumento dos valores, uma vez que a média anual das descargas mínimas médias e máximas mensais

aumentaram de $52,77\text{m}^3$, $84,20\text{m}^3/\text{s}$ e $147,30\text{m}^3/\text{s}$ para $91,27\text{m}^3/\text{s}$, $146,16\text{m}^3/\text{s}$ e $228,65\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente, entre o período inicial e o final da série.

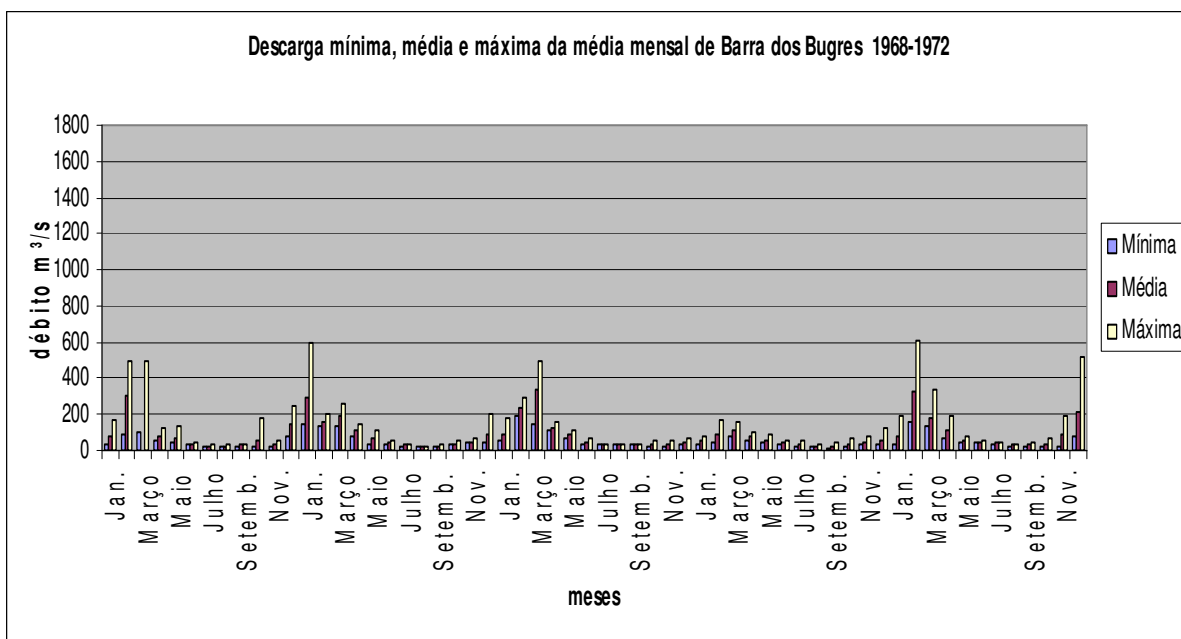


Figura 38: Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Barra dos Bugres, no período 01/1968 – 12/1972

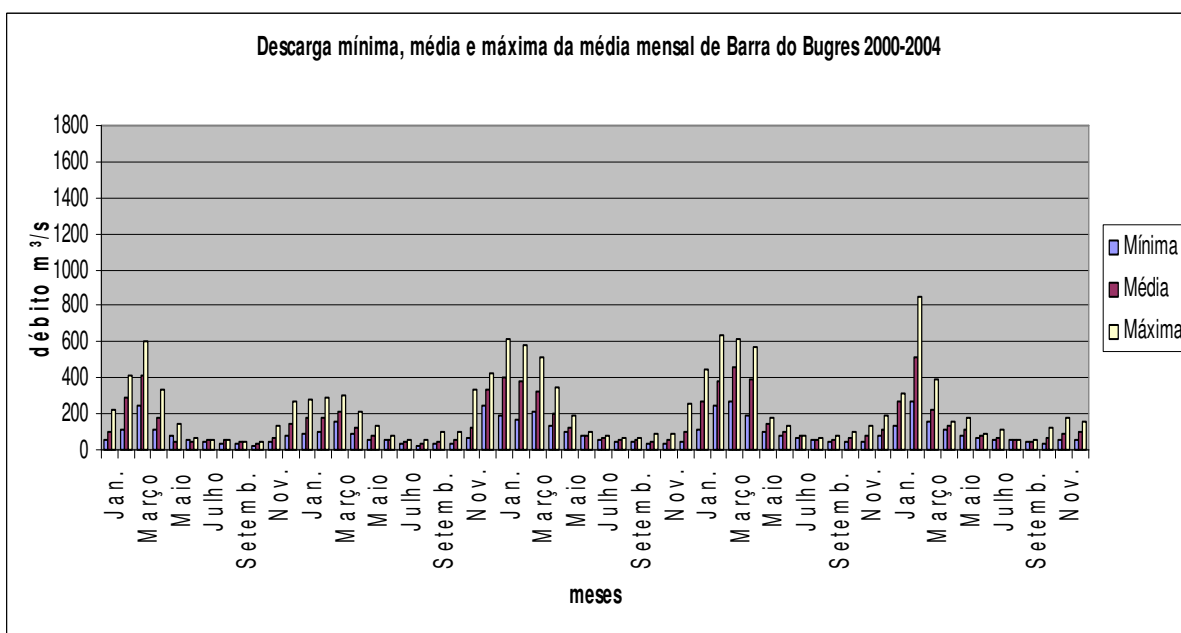


Figura 39: Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Barra dos Bugres, no período 01/2000 – 12/2004

Na estação de Cáceres, a comparação dos dados dos dois períodos de tempo (figuras 40 e 41) evidencia ainda mais o aumento da descarga, visto que as médias das

descargas mínima, média e máxima mensais aumentou de 254,08m³/s, 465,17m³/s e 562,76 no período inicial para 435,71m³/s, 812,46m³/s e 1024,54m³/s no período final.

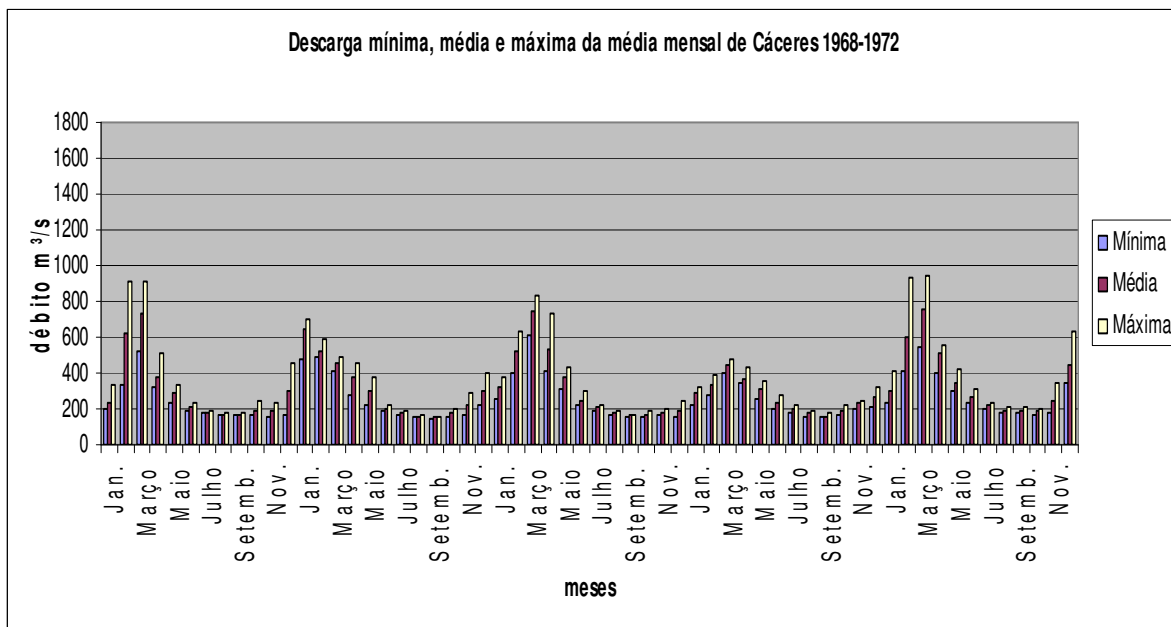


Figura 40: Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação Cáceres, no período 01/1968 – 12/1972

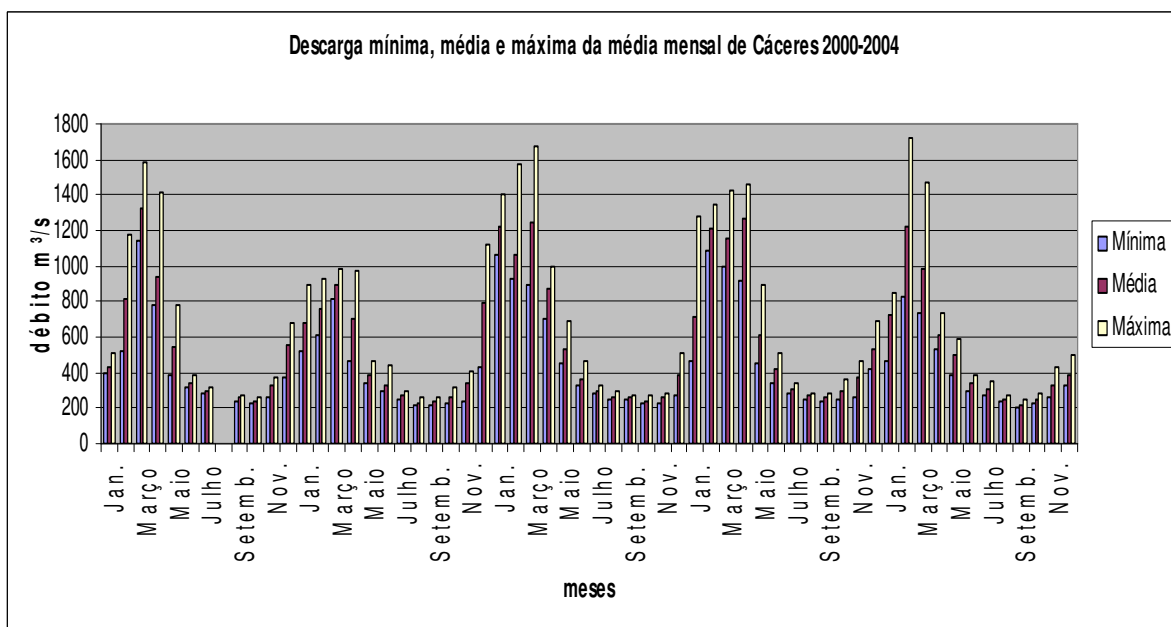


Figura 41: Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paraguai na estação de Cáceres, no período de 01/2000 – 12/2004

No caso da estação de Descalvados o aumento também é evidente (figuras 42 e 43), e os valores de descarga mínima, média e máxima mensais aumentaram de 471,23m³/s, 549,25m³/s e 635,58m³/s no período entre 1968 e 1972, para 812,72m³/s, 928,68m³/s e 1041,96m³/s no período entre 2000 e 2004.

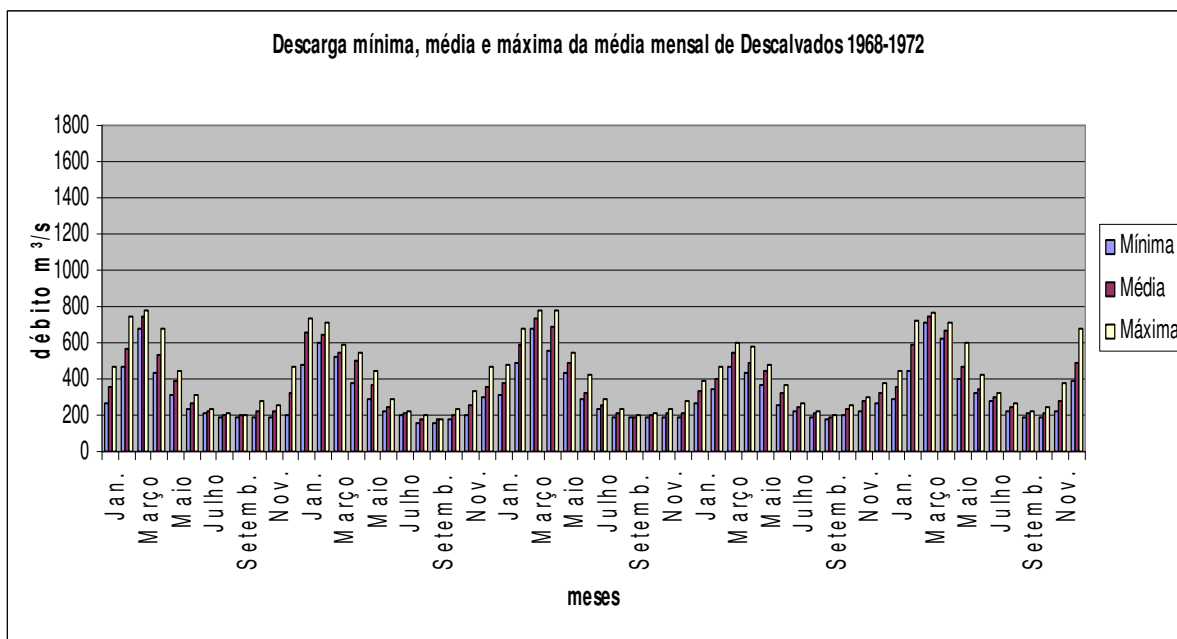


Figura 42: Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paragui na estação Descalvados, no período 01/1968-12/1972

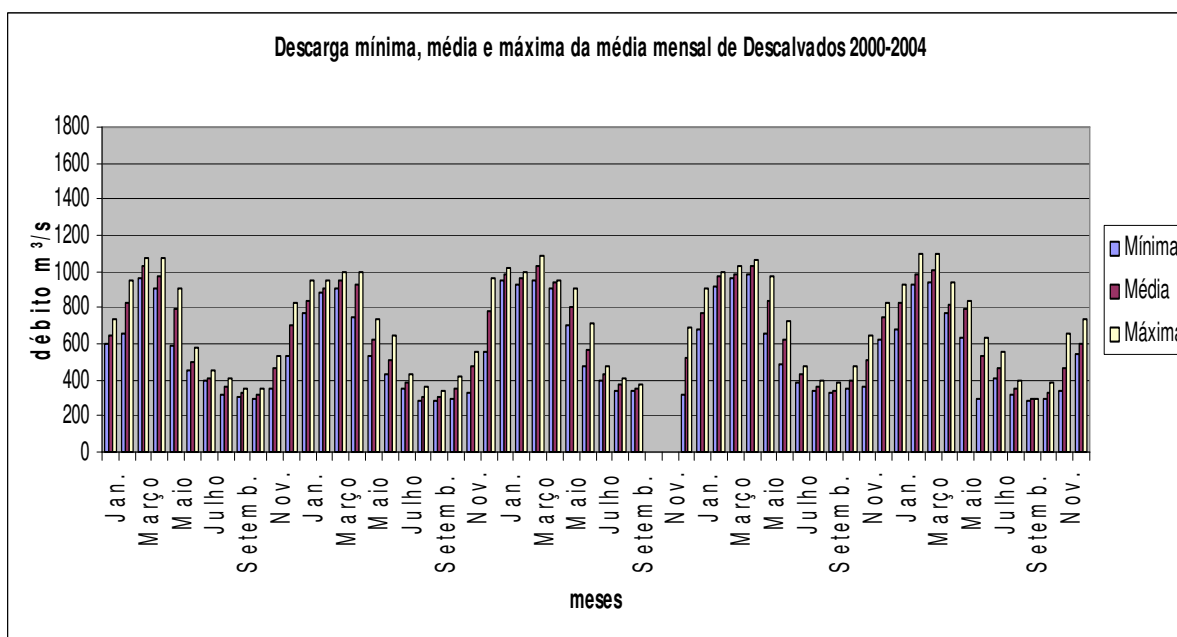


Figura 43: Descarga mínima, média e máxima mensal do rio Paragui na estação Descalvados, no período 01/2000 – 12/2004

A existência de ciclos de aumento e diminuição da vazão também foi registrada no rio Paraná, e foi associada à ciclos de aumento e diminuição da precipitação na bacia (Fernandez & Souza Filho, 1995). No presente caso, as falhas existentes nas séries históricas das estações pluviométricas não permitem a adequada identificação dos referidos ciclos (figuras 44, 45 e 46), mas mostram que não houve aumento significativo da precipitação.

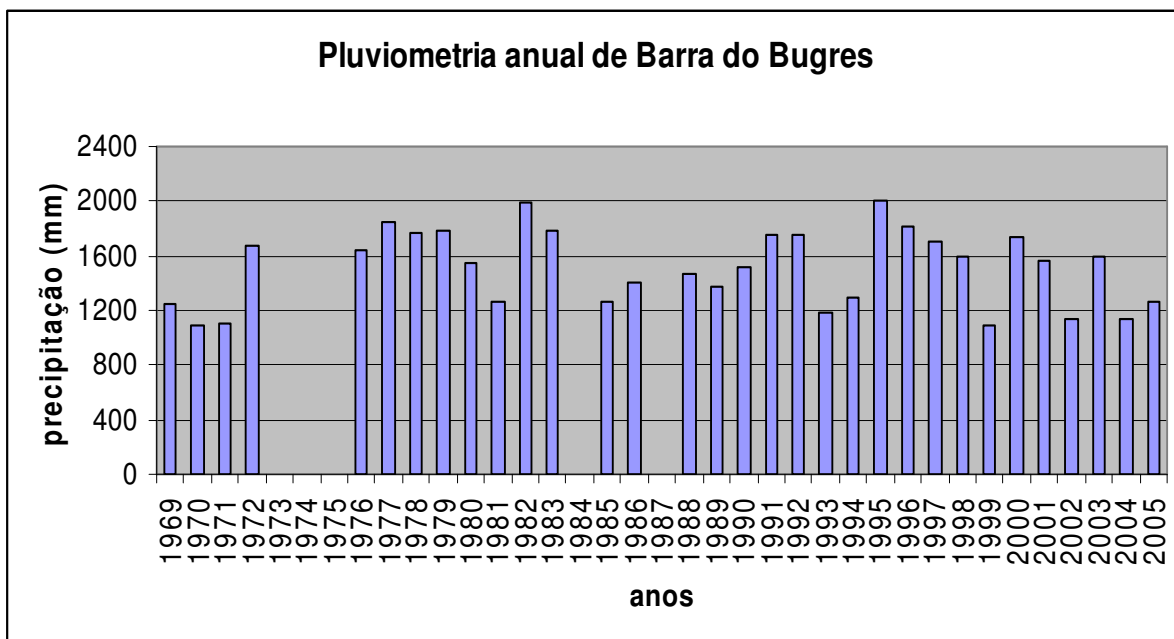


Figura 44: Precipitação anual na Estação Pluviométrica de Barra do Bugres

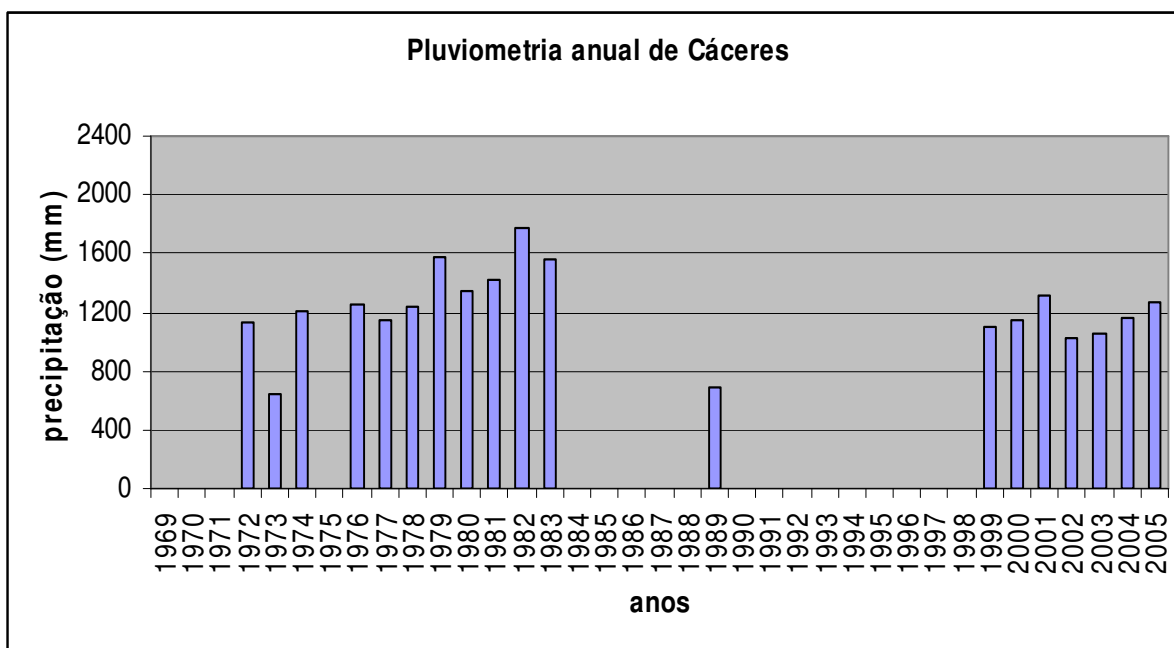


Figura 45: Precipitação anual na Estação Pluviométrica de Cáceres

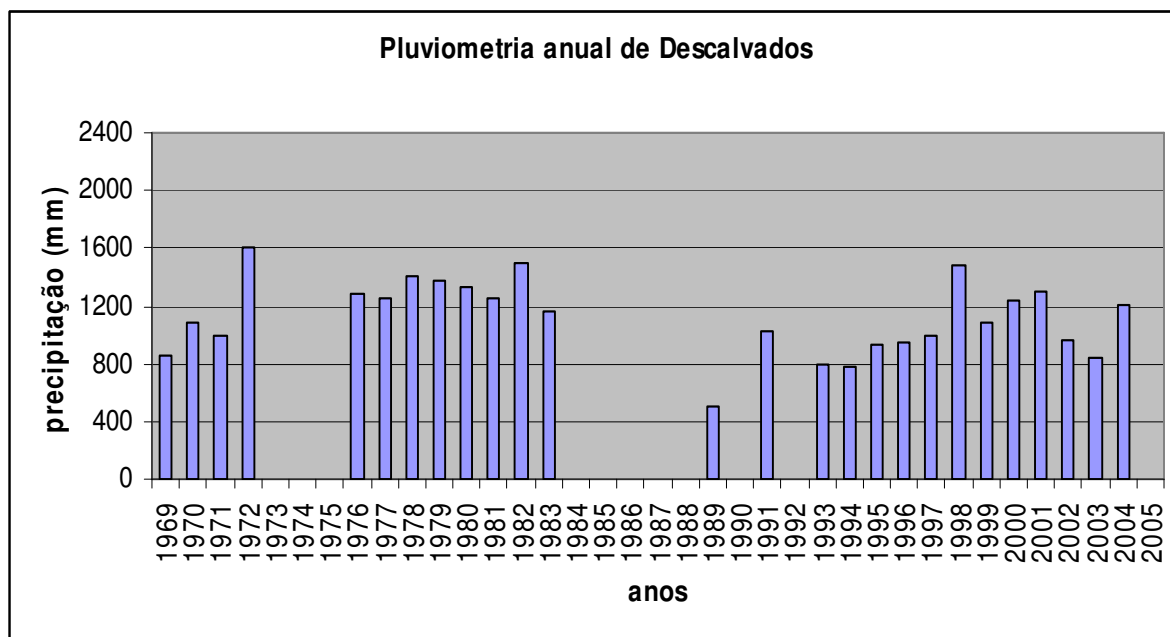


Figura 46: Precipitação anual na Estação Pluviométrica de Descalvados

Uma vez que as três estações pluviométricas indicam uma tendência de aumento da vazão, as causas desse aumento não são externas à bacia. Dentre as variáveis envolvidas no controle da descarga fluvial, a única que sofreu modificação foi o uso do solo. Dessa forma é provável que a maior disponibilidade de água para o sistema fluvial esteja relacionado à menor evapo-transpiração resultante da retirada da vegetação natural.

Nesse caso, havendo menor perda de água para a atmosfera, há maior disponibilidade de água para o escoamento fluvial, fazendo com que as vazões máximas sejam maiores. Uma vez que a bacia possui uma elevada capacidade de armazenamento subterrâneo, a água que não foi para a atmosfera pode manter um fluxo de base mais intenso, proporcionando valores mais elevados de descarga fluvial nos períodos de estiagem. Dessa forma, as descargas mínimas e médias aumentaram.

O aumento da quantidade de água armazenada no subsolo está relacionado à elevação do lençol freático, e mudanças na paisagem. Uma dessas modificações é o aumento de água nas lagoas existente na planície e nos terraços da bacia, conforme pode ser observado nas fotografias (figura 47).



Figura 47: Lagoas na planície do rio Paraguai, com árvores secas e cercas alagadas. Fotos do 2º trabalho de campo realizado entre os dias 18 a 23 de novembro de 2007

A mobilidade do canal

As margens do rio Paraguai exibem diversos tipos de feições erosivas conforme pode ser observado na Figura 48. No caso, estas formas são atribuídas à queda de blocos e a desmoronamentos causados pelo solapamento da parte baixa da margem, resultante da corrosão, da ação hidráulica da água e da ação das ondas provocadas pelos barcos.

A existência de margens íngremes e com face desprovida de vegetação indicam que a erosão marginal é ativa e suficientemente forte para impedir a colonização de espécies pioneiras. Tais feições por si, demonstram que a atividade do canal é incompatível com a esperada para um rio anastomosado, uma vez que estes são caracterizados por alta estabilidade das margens.



Figura 48: Formas erosivas observadas no rio Paraguai

O tratamento das imagens permitiu verificar as modificações ocorridas no canal do rio Paraguai nos períodos de 09/07/1977 a 13/05/1981 e de 18/06/2004 a 12/07/2006. O primeiro período abrange um intervalo de tempo em que a descarga fluvial estava alta, tendo como média 633 m³/s, mínima de 261 m³/s e máxima de 2026 m³/s.

O período entre junho de 2004 e julho de 2006 foi um intervalo em que a vazão estava mais baixa, dentro do ciclo de aumento e diminuição da descarga. Nesse período a vazão média em Cáceres foi de 472 m³/s, e os valores mínimos e máximos foram de 195 m³/s e 1716 m³/s.

A superposição das imagens de 1977 e 1981 está exibida nas figuras 49, 50 e 51. A análise dos dados de área que serão apresentados deve levar em conta que a resolução espacial das imagens MSS é de 80 metros, o que insere uma considerável margem de erro nos cálculos de área e de largura do canal. Contudo, as comparações são válidas uma vez que estão sendo feitas por meio de dados coletados pelo mesmo instrumento.

O canal na parte superior do segmento estudado (segmento A-B, figura 49) apresentava uma área de 11,8 km² em 1977, e passou a ter 11,9 km² em 1981. No mesmo período, o perímetro do canal variou de 174 km para 168 km. Dessa forma, a largura média do segmento aumentou de 135,6 metros para 141,6 metros. O aumento da área do canal e de sua largura média indica que nesse intervalo de quatro anos houve domínio de erosão sobre a deposição.

Na parte média do segmento estudado (segmento B-C, figura 50), o canal possuía uma área de 17,4 km² em 1977 e passou a ter 17 km² em 1981, indicando à primeira vista o domínio de deposição. Contudo, no mesmo período o perímetro do segmento diminuiu de 235 km para 227 km, indicando que a largura média aumentou de 148,1 para 149,8 metros. Nesse caso, também houve domínio da erosão marginal, e a redução da área do canal é explicada pela diminuição de seu comprimento.

Na parte baixa do segmento estudado (segmento C-D, figura 51), a área do canal diminuiu de 13,8 km² para 13,3 km², enquanto o perímetro diminuiu de 160 para 149 km. Dessa forma, a largura média aumentou de 172,5 para 178,5 metros em 1981, demonstrando mais uma vez, o domínio dos processos erosivos nesse período de tempo.

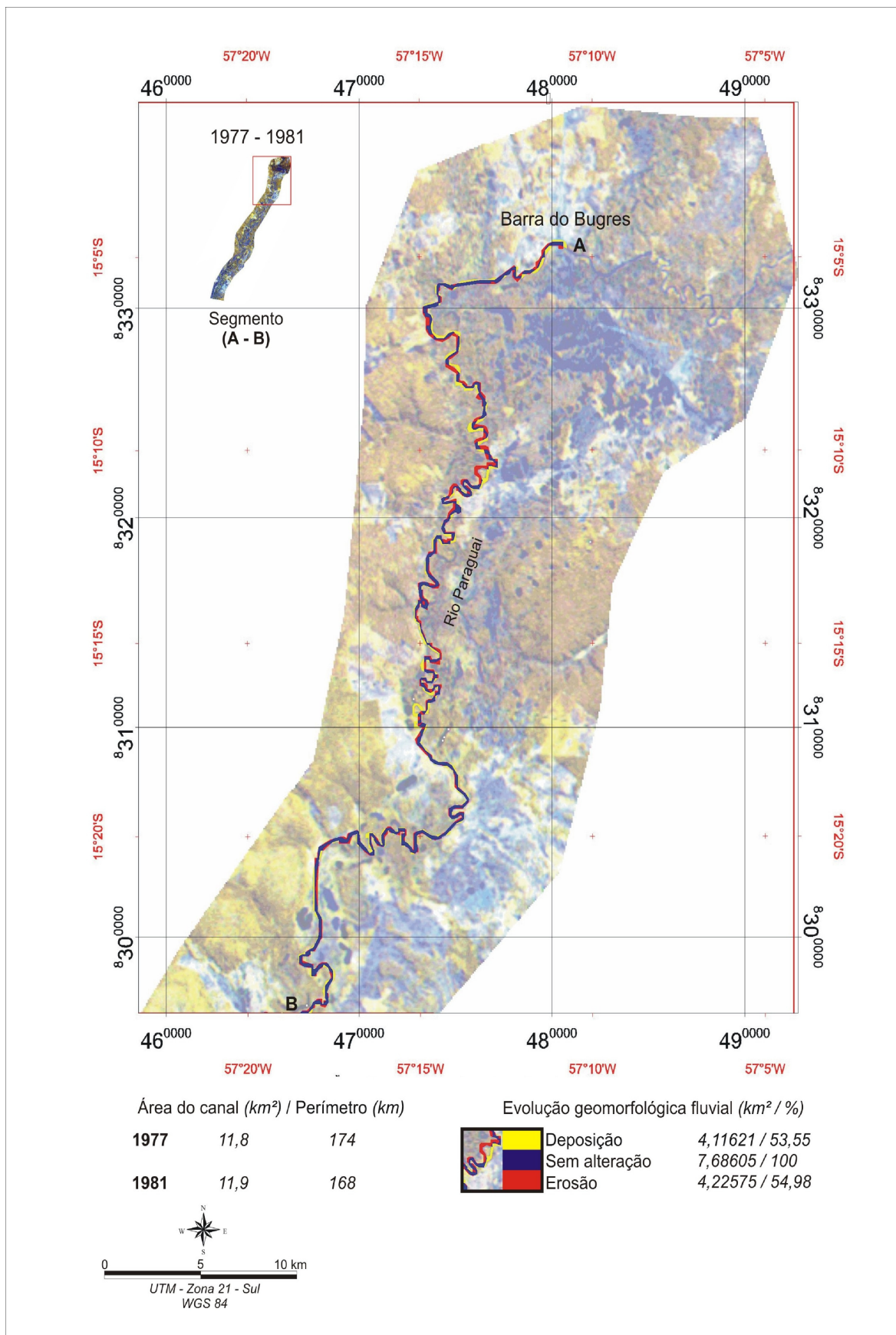


Figura 46: Imagem LANDSAT 2, sensor MSS órbita 240, pontos 70 e 71 de 09/07/1977
 Imagem LANDSAT 2, sensor MSS órbita 240, pontos 70 e 71 de 13/05/1981
 Composição colorida (R banda 7, G banda 6 e B banda 5)
 Organização: GRIZIO & PAIVA, 2007

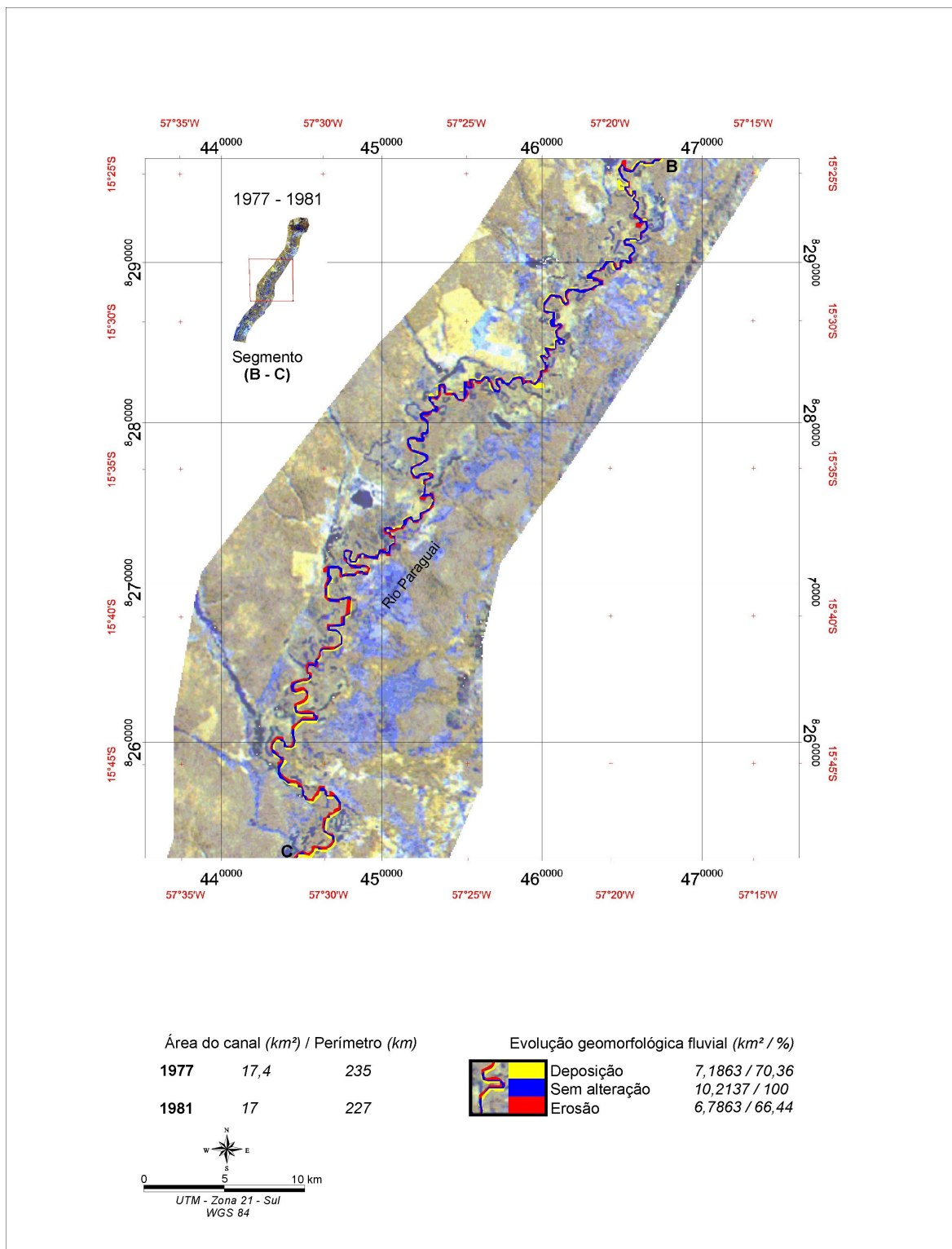


Figura 47: Imagem LANDSAT 2, sensor MSS órbita 240, pontos 70 e 71 de 13/05/1981
 Imagem LANDSAT 2, sensor MSS órbita 240, pontos 70 e 71 de 09/07/1977
 Composição colorida (R banda 7, G banda 6 e B banda 5)
 Organização: GRIZIO & PAIVA, 2007

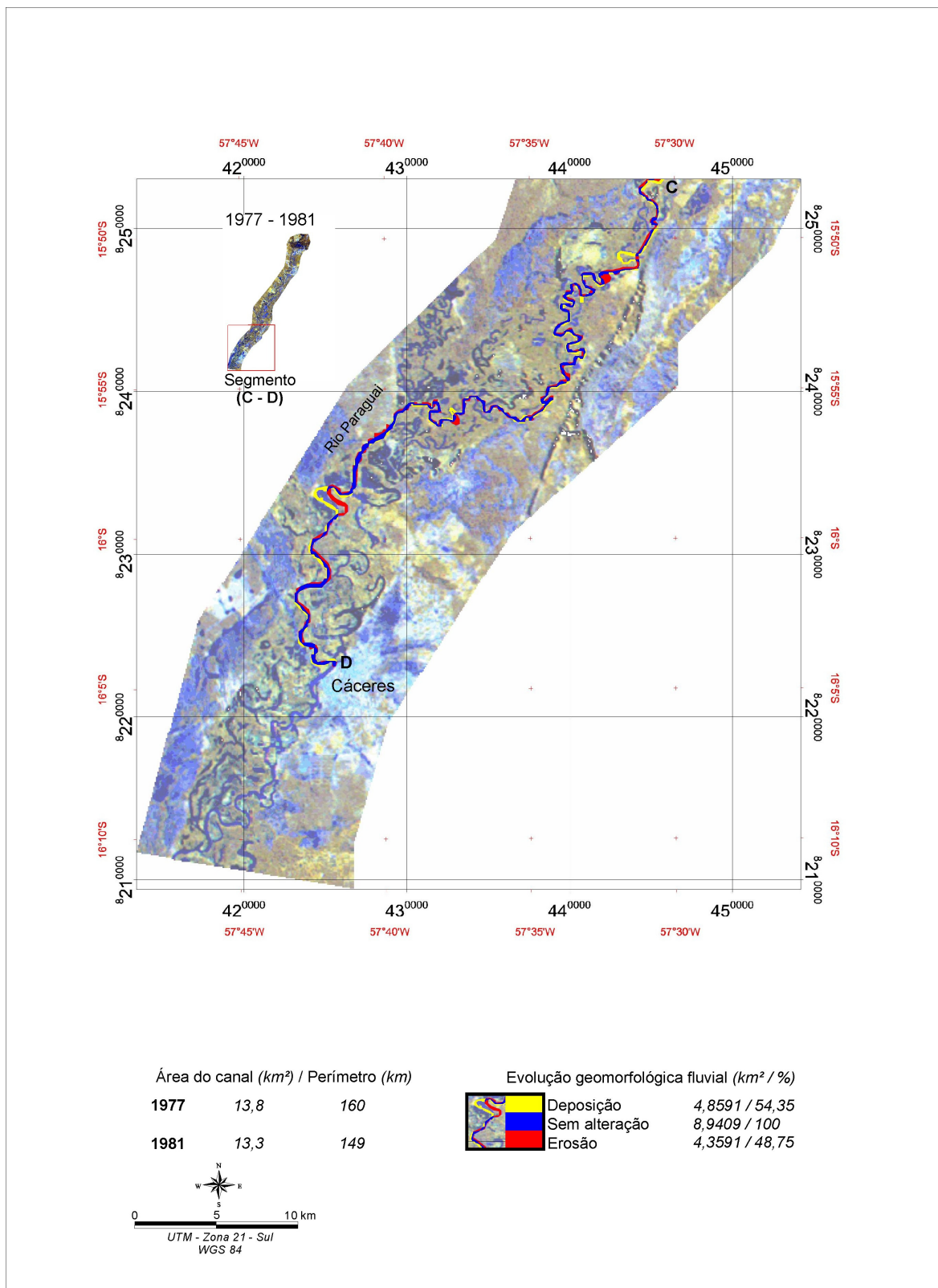


Figura 48: Imagem LANDSAT 2, sensor MSS órbita 240, pontos 70 e 71 de 09/07/1977
 Imagem LANDSAT 2, sensor MSS órbita 240, pontos 70 e 71 de 13/05/1981
 Composição colorida (R banda 7, G banda 6 e B banda 5)
 Organização: GRIZIO & PAIVA, 2007

O segmento como um todo mostrou uma diminuição de área do canal de 43,0 km² para 42,2 km² (Quadro 04), enquanto o comprimento dele (metade do perímetro) diminuiu de 284,5 km para 272,0 km. Dessa forma, a largura média de todo o segmento aumentou de 151,5 para 155,1 metros. Uma vez que a distância em linha reta entre a estação de Barra dos Bugres e a de Cáceres (início e final do segmento AD) é de 128,2 km, o índice de sinuosidade do canal diminuiu de 2,22 para 2,12.

segmento	1977				1981			
	Área (km ²)	Perímetro (km)	Comprimento (km)	Largura (m)	Área (km ²)	Perímetro (km)	Comprimento (km)	Largura (m)
A-B	11,8	174	87,0	135,6	11,9	168	84,0	141,6
B-C	17,4	235	117,5	148,1	17,0	227	113,5	149,8
C-D	13,8	160	80,0	172,5	13,3	149	74,5	178,5
A-D	43,0	569	284,5	151,5	42,2	544	272,0	155,1

Quadro 04: Área, perímetro, comprimento, e largura do canal do rio Paraguai Superior em 09/07/1977 e em 13/05/1981

A redução do comprimento do canal e de sua sinuosidade é explicada por meio da ocorrência de avulsões, ou seja, a criação de um novo canal por meio do corte dos meandros mais desenvolvidos. No período entre 1977 e 1981 tais processos foram comuns ao longo de todo o segmento estudado, conforme pode ser observado nas figuras 49, 50 e 51, em visão geral, e na figura 52, em detalhe.

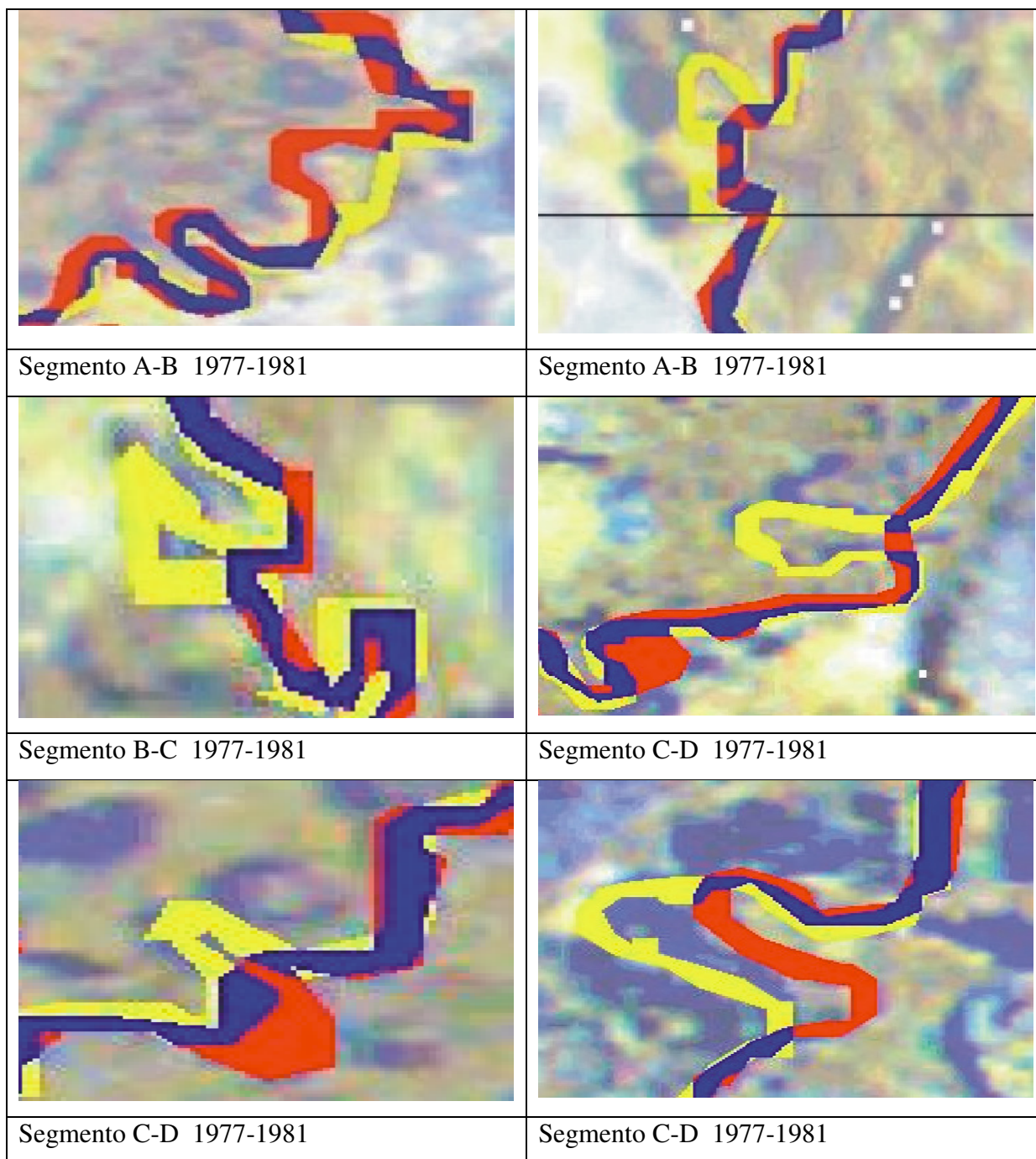


Figura 52: Detalhe de avulsões e de migração lateral do canal observadas na superposição das imagens MSS de 09/07/1977 e de 13/05/1981.

A ocorrência das avulsões explica os valores significativos obtidos quando as áreas erodidas e depositadas foram calculadas (figuras 49, 50, e 51, quadro 05), uma vez que além da erosão marginal e sedimentação lateral, ocorreu a formação de novos canais e a colmatação dos meandros abandonados.

Segmento fluvial	A-B	B-C	C-D	A-D
Área depositada	4,12	7,19	4,86	16,17
Área erodida	4,23	6,79	4,36	15,38
Área sem modificação	7,69	10,21	8,94	26,84

Quadro 05: Área erodida, depositada e sem modificação (em km²), no período entre 1977 a 1981, no canal do rio Paraguai Superior

A divisão das áreas erodidas e depositadas pelo comprimento do rio permite uma avaliação da atividade do canal. No período de quatro anos o rio erodiu cerca de 56,5 metros por quilometro e depositou 59,4 metros por quilometro, o que resulta em cerca de 14,1 metros de erosão por quilometro a cada ano, e uma deposição média anual de 14,8 metros por quilômetro.

Os valores obtidos, a ocorrência das avulsões e da migração lateral mostram que o canal teve uma considerável mobilidade no período, apresentando processos típicos de rios meandrantés, e não de rios anastomosados.

A superposição dos dados obtidos por meio das imagens CCD/CBERS 2 de 2004 e de 2006 mostrou um quadro distinto do apresentado pelo canal fluvial no período anterior, uma vez que não foram observadas áreas com avulsão, e a tendência ao alargamento do canal cessou. Nesse caso, o cálculo das áreas e da largura do canal é mais confiável, uma vez que a resolução espacial do sensor é de 20 metros.

Na parte superior do segmento estudado (segmento A-B, figura 53), o canal possuía uma área de 6,67 km² e um perímetro de 175 km em 2004 e passou a ter 6,47 km² de área e 180 km de perímetro em 2006. Portanto, sua largura média diminuiu de 76,2 metros para 71,9 metros entre as duas datas, ou seja, o canal reduziu sua largura a uma taxa de 2,15 metros por ano.

Na parte média do segmento estudado (segmento B-C, figura 54), a área do canal diminuiu de 8,94 km² para 8,73 km² enquanto o perímetro aumentou de 233 km para 239 km no período entre 2004 e 2006. Nesse caso, a largura média diminuiu de 76,7 metros para 73,0 metros, ou seja, o canal sofreu um estreitamento médio de 1,85 metros por ano.

Em sua porção inferior (segmento C-D, figura 55), no mesmo período, a área do canal diminuiu de 8,33 km² para 8,29 km², e o perímetro aumentou de 158 km para 163 km. Dessa forma, a largura média diminuiu de 105,4 para 101,7 metros, a uma taxa de redução média anual de 1,85 metros, tal como o segmento fluvial situado à montante.

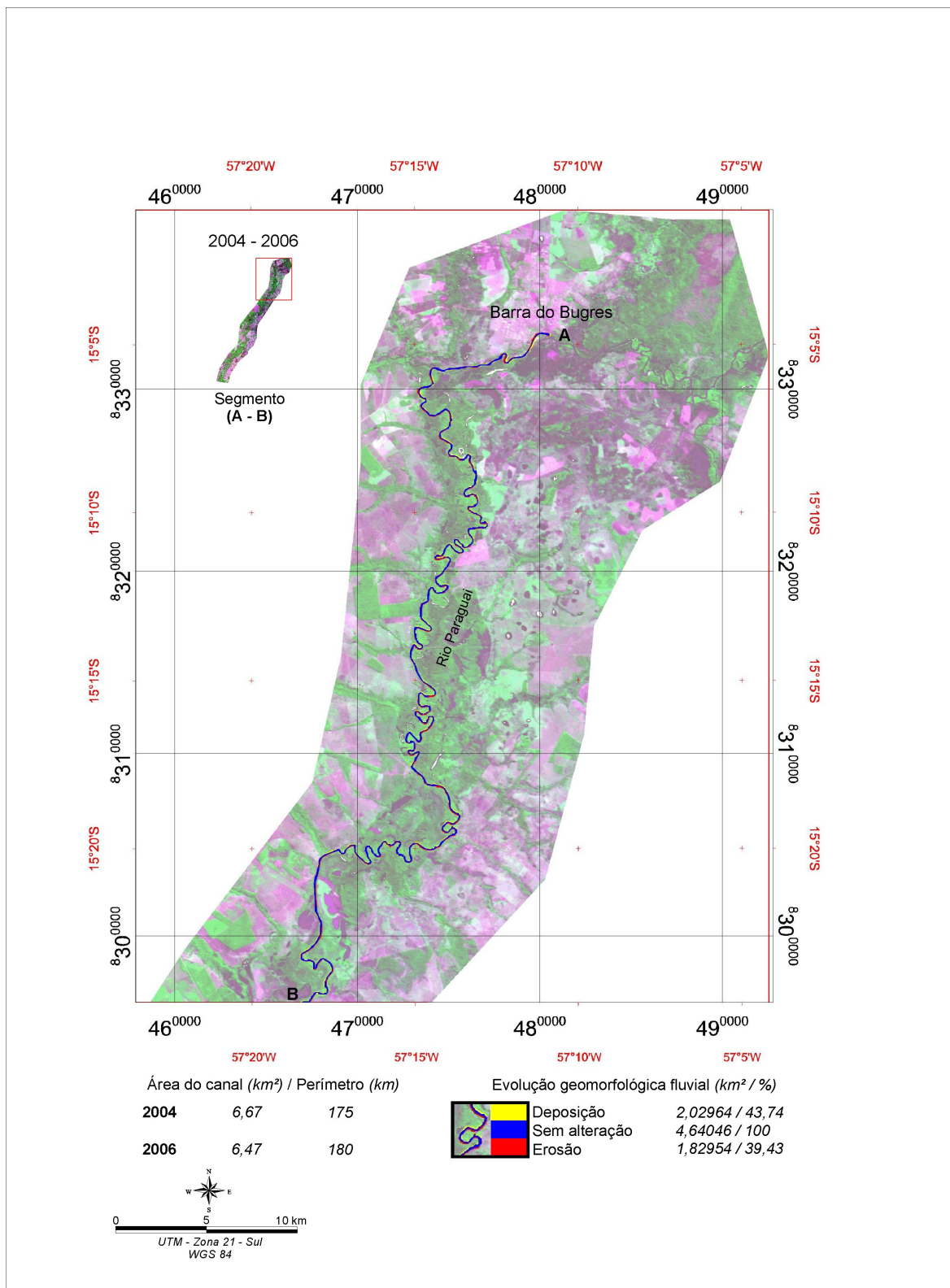


Figura 50: Imagem CBERS, sensor CCD-2-1XS órbita 116, ponto 117 de 18/06/2004
 Imagem CBERS, sensor CCD-2-1XS órbita 116, ponto 117 de 12/07/2006
 Composição colorida (R banda 3, G banda 4 e B banda 2)
 Organização: GRIZIO & PAIVA, 2007

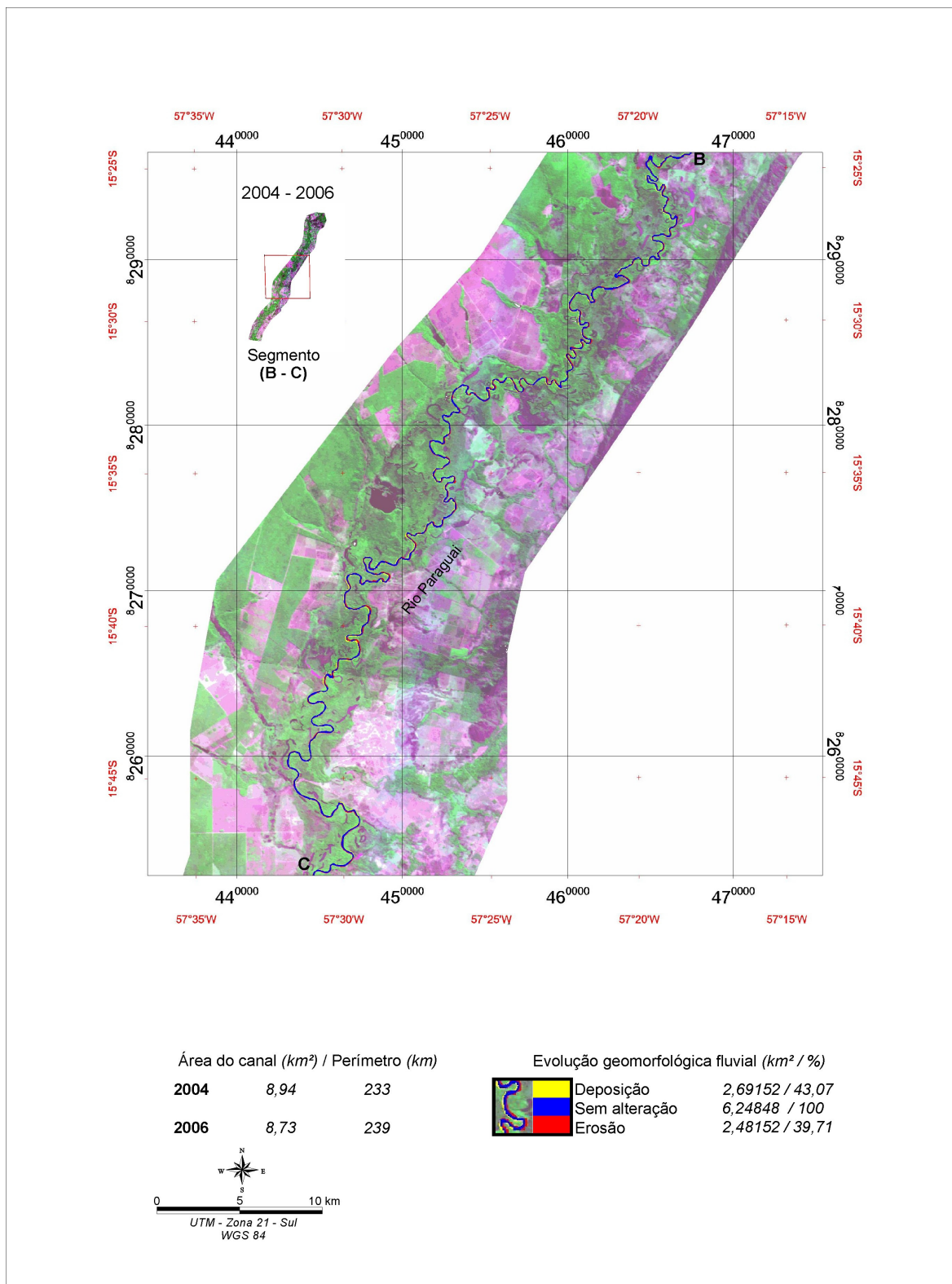


Figura 51: Imagem CBERS, sensor CCD-2-1XS órbita 116, pontos 117 e 118 de 18/06/2004
 Imagem CBERS, sensor CCD-2-1XS órbita 116, pontos 117 e 118 de 12/07/2006
 Composição colorida (R banda 3, G banda 4 e B banda 2)
 Organização: GRIZIO & PAIVA, 2007

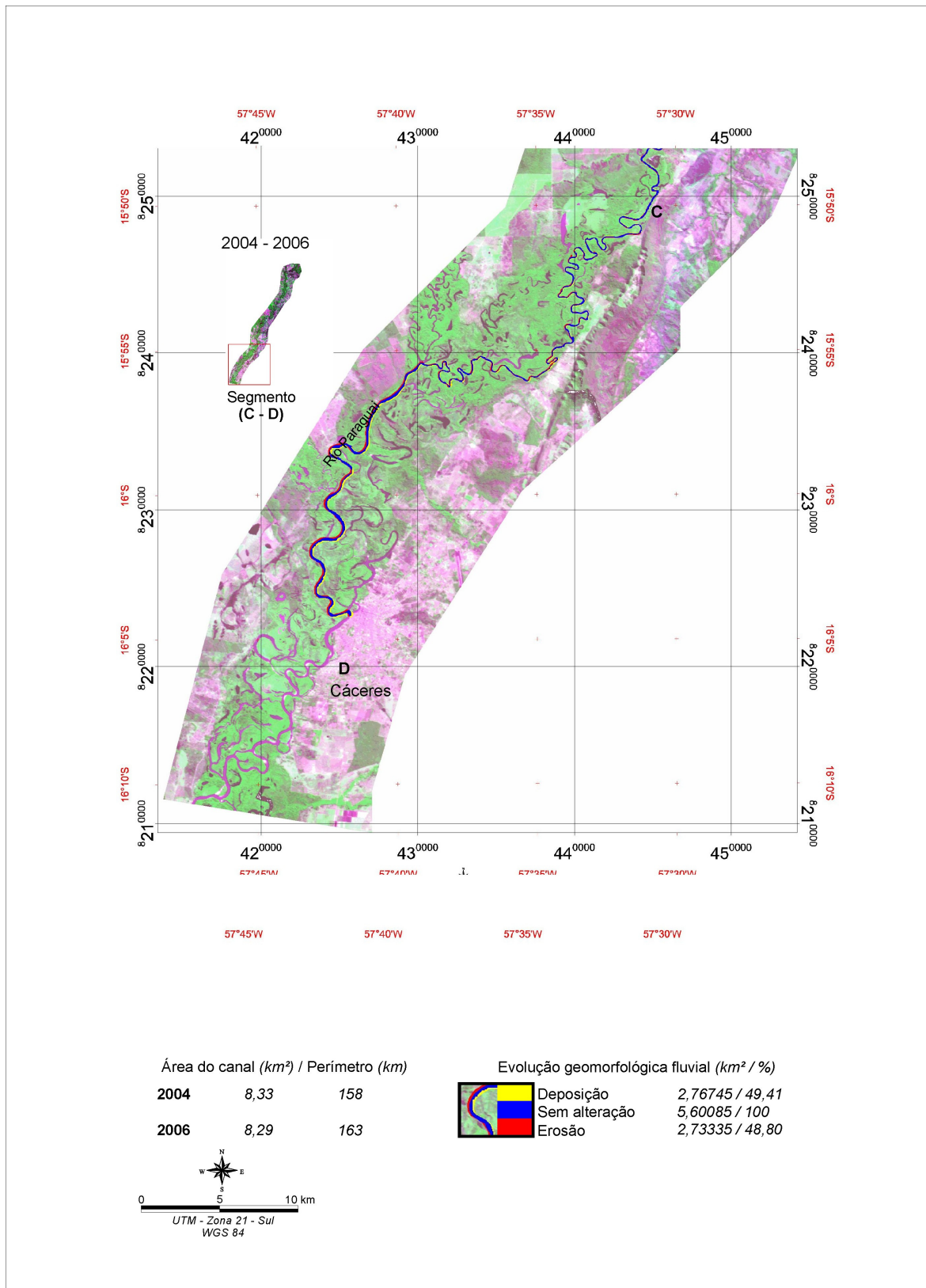


Figura 52: Imagem CBERS, sensor CCD-2-1XS órbita 116, ponto 118 de 18/06/2004
 Imagem CBERS, sensor CCD-2-1XS órbita 116, ponto 118 de 12/07/2006
 Composição colorida (R banda 3, G banda 4 e B banda 2)
 Organização: GRIZIO & PAIVA

O segmento estudado passou por um período de domínio de deposição no intervalo entre 2004 e 2006, uma vez que a área do canal reduziu de 23,94 km² para 23,49 km², ao mesmo tempo em que o comprimento do canal aumentou de 283 para 291 quilômetros, indicando uma redução da largura média de 84,6 para 80,7 metros (figuras 53, 54, e 55 e quadro 06), a uma taxa de 1,95 metros por ano. Ao mesmo tempo, o índice de sinuosidade aumentou de 2,20 para 2,27, indicando que os meandros se expandiram.

segmento	2004				2006			
	Área (km ²)	Perímetro (km)	Comprimento (km)	Largura (m)	Área (km ²)	Perímetro (km)	Comprimento (km)	Largura (m)
A-B	6,67	175	87,5	76,2	6,47	180	90,0	71,9
B-C	8,94	233	116,5	76,7	8,73	239	119,5	73,0
C-D	8,33	158	79,0	105,4	8,29	163	81,5	101,7
A-D	23,94	566	283,0	84,6	23,49	582	291,0	80,7

Quadro 06: Área, perímetro, comprimento, e largura do canal do rio Paraguai Superior em 18/06/2004 e em 12/07/2006

A atividade do canal também foi bastante elevada como mostram os dados relativos às áreas depositadas e erodidas entre 2004 e 2006 (quadro 07). Novamente, a divisão da área erodida e da área depositada pelo comprimento do canal permite a estimativa das taxas de erosão e deposição média por quilometro. Nesse caso, a taxa de erosão média por quilometro é indicativa da mobilidade do canal, uma vez que o processo de avulsão não foi observado.

Segmento fluvial	A-B	B-C	C-D	A-D
Área depositada	2,03	2,69	2,77	7,49
Área erodida	1,83	2,48	2,73	7,04
Área sem modificação	4,64	6,25	5,60	16,49

Quadro 07: Área erodida, depositada e sem modificação (em km²), no período entre 2004 e 2006, no canal do rio Paraguai Superior

Assim, o canal mostrou uma migração lateral média de 12,15 metros por ano, acompanhado por uma deposição de 12,86 metros por ano. Uma vez que o rio tem elevada sinuosidade, os processos erosivos aumentaram o raio de curvatura dos meandros (e assim a sinuosidade aumentou), e uma vez que a taxa deposicional foi maior que a taxa erosiva, o canal teve sua largura diminuída. Os valores obtidos mostram que nesse intervalo de tempo a mobilidade do canal foi compatível com a mobilidade de canais meandrantés.

A comparação entre o período de 1977 e de 1981 e o período de 2004 e 2006 demonstra que no primeiro período houve um aumento da área do canal e de sua largura média, isso indica que nesse intervalo de quatro anos houve domínio de erosão sobre a deposição.

Já no segundo período (2004-2006), o segmento estudado passou por um período de domínio de deposição, uma vez que houve redução na área do canal.

CONCLUSÃO

A abordagem realizada nesse trabalho procurou caracterizar as modificações ocorridas no regime de descargas do rio Paraguai Superior a partir do final da década de 1960, identificar suas causas e avaliar as conseqüências sobre a mobilidade do canal.

A metodologia empregada permitiu verificar que a descarga anual aumenta e diminui em ciclos de aproximadamente 15 anos, de acordo com o aumento e diminuição da precipitação anual. Além disso, foi verificado que as descargas mínima, média e máxima anuais aumentaram significativamente nas estações fluviométricas de Barra dos Bugres, Cáceres e Descalvados.

Os dados de precipitação mostraram uma regularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano. Os meses de junho a agosto marcam a estação seca, e as chuvas começam a ocorrer a partir de setembro, mas os valores mais significativos ocorrem apenas a partir de outubro, com precipitação máxima em dezembro (em Barra dos Bugres), janeiro (em Cáceres), e janeiro e fevereiro (em Descalvados). Em maio a precipitação já é bastante reduzida, fazendo a transição para o período de estiagem.

Os dados de descarga diária indicam que a resposta fluvial à precipitação é lenta, e embora a vazão comece a aumentar a partir de outubro ela atinge seu máximo em março, marcando um atraso de dois meses ou mais entre o auge da precipitação e o pico da cheia anual. Em maio o período de vazante tem início. O sistema fluvial é marcado portanto, por uma resposta lenta à precipitação, o que pode ser explicado pela forma da bacia, pela baixa declividade das vertentes, e pela grande capacidade de armazenamento das coberturas superficiais.

As séries históricas de descarga das estações de Barra dos Bugres, Cáceres e Descalvados mostram que a descarga média anual aumenta e diminui em ciclos de 15 anos. Os dados pluviométricos obtidos nas mesmas estações indicam que a precipitação anual aumenta e diminui em ciclos semelhantes, mas as falhas presentes nas séries não permitem uma afirmação categórica.

Os dados das descargas mínimas, médias, e máximas anuais registradas ao longo da série indicam um aumento de valores ao longo do tempo, confirmando a afirmação de Silva (2006). Contudo, tal aumento não é proveniente de uma intensificação da pluviosidade, uma vez que os dados de precipitação não apresentam aumento ao longo do tempo.

As análises de correlação realizadas obtiveram baixos valores entre a precipitação e a vazão nas três estações, seja quando considerado o ano civil ou o ano hidrológico. Os baixos valores obtidos podem ser resultado da falta de representatividade das estações pluviométricas, e ou podem ser originários de uma alteração entre a precipitação e a vazão ao longo da série.

O aumento da descarga fluvial observado ao longo do período não teve causas externas á bacia, portanto, ela deve-se a modificação de uma ou mais variáveis relacionadas ao balanço hídrico. Nesse caso, a variável que sofreu modificação significativa foi a cobertura vegetal. A retirada da vegetação natural e a implantação de pastagem deve ter provocado uma redução da evapo-transpiração, o que permitiu uma maior disponibilidade de água para a alimentação do sistema fluvial. A elevação do nível do lençol freático indicada pelo aumento da área das lagoas existentes na bacia confirmam tal situação.

Uma das conseqüências do aumento da descarga foi a modificação da mobilidade do canal. No período entre 1977 e 1981 o canal estava sob altos valores de descarga, e um significativo aporte de sedimentos. Nesse intervalo teve seu comprimento diminuído por avulsões, aumentou sua largura, e deslocou-se lateralmente á uma taxa de 8,5% de sua largura média. Tais condições podem ter sido facilitadas pelo assoreamento do canal.

No período de 2004 a 2006 o rio estava sob descargas mais baixas do que no período anterior, e sujeito a baixo aporte de sedimentos. Nesse intervalo o canal aumentou seu comprimento graças a uma mobilidade equivalente a 15,4% de sua largura. Apesar de sua mobilidade, o canal teve sua largura média diminuída, indicando que provavelmente aprofundou seu talvegue e redistribuiu os sedimentos do leito.

A dinâmica do canal em ambos é típica de rios meandrantés, e indica uma considerável diferença em relação às feições existentes em sua planície, que são típicas de canais anastomosados.

Para a adequada compreensão da evolução do rio Paraguai Superior, em especial a área estudada, é necessário uma pesquisa que comprove a evapotranspiração, dessa forma analisando as estações em relação a chuva, ou seja, a chuva de cada estação. Também se faz necessário, um mapa detalhado de uso e ocupação do solo, para uma melhor compreensão do processo ocorrido neste espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. *Rede hidrometeorológico básica*. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 de maio de 2004.

ALMEIDA, F. F. M. de, *Geologia do Centro-Oeste Mato Grossense*. Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro n.117, p. 1-11, 1964.

ALVARENGA, C. J. S. e TROMPETTE, R. Evolução Tectônica Brasileira de Faixa Paraguai: A estruturação da região de Cuiabá. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 23, n. 1, p. 18-30. 1993.

AYOADE, J. O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. São Paulo. São Paulo: Ed. Difel, 1986, p. 332.

CRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CHOW, V. T. *Handbook of applied hydrology*. New York: McGraw-Hill Company, 1964.

D'AGOSTINI, L. R. *Erosão o problema mais que o processo*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. 131 p.

DNOS *Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai*. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 284 p. (Relatório Técnico) 1974.

EINSTEIN, A. *Escritos da maturidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994. 303 p.

FERNANDEZ, O. V. Q. *Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens; Região de Porto Rico-PR*. Dissertação (Mestrado em Geociências)- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Naturais, Rio Claro, São Paulo, 1990.

FERNANDEZ, O. V. Q.; SOUZA FILHO, E. E. Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no Rio Paraná-PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, v. 43, p. 161-171, 1995.

FISK, H. N. *Geological Investigation of the Alluvial Valley of the Lower Mississippi River*, US Army Corps of Engineers, Mississippi River Comm, 1944. p. 78.

GRIZIO, E. V. et al. *Caracterização da erosão marginal do rio Paraguai entre a cidade de Barra do Bugres a foz do rio Sepotuba*. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas, 2006, Goiânia-GO, 2006. v. 1, IAG:UGB, 2006. p.45.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p.165.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1997. p. 648.

GUIDICINI, C.; NIEBLE, C. M. *Estabilidade de taludes naturais e de escavação*. 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1983. p. 194.

GOOGLE Earth. In Google. Disponível em: <http://baixaki.ig.com.br/download/Google-Earth.htm>. Acesso 30 de outubro de 2007.

HOOKE, J. M. An Analysis of the Processes of River Bank Erosion. *Journal of Hydrology*, v. 42, p. 38-72, 1979.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Geografia do Brasil*, Rio de Janeiro v. 4, 1977. (Região Centro-Oeste).

INNOCENCIO, N. R. Hidrografia. In: IBGE. *Geografia do Brasil*, Rio de Janeiro, v.1, p. 73 – 90, 1977. (Região Centro-Oeste).

LEOPOLD, L. *A view of the river*. Harvard University Press, 2. ed., Cambridge, Massachusetts, 1994, p.289.

MAITELLI, G. T. et al. *Écosystèmes naturels et occupation du sol en Amazonie matogrossense: une caractéristion regional*. In: DUBREUIL, V. (Dir.) *Environnement et télédétection au Brésil Mato Grosso, Paraná, São Paulo*. Campus de la Harpe: Press Universitaires de Rennes, 2002.

NIMER, E. *Climatologia no Brasil*. *Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREN) Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, n. 24, p. 421, 1979.

PATRICK, D. M. et al. *Methods for studying fluvial change in: Gravel Bed Rivers*. John Wiley and Sons, 1982. p.783 – 816.

PATTON, P. C. *Morphometry and floods*. In: BAKER, V. KOCHES, R. C.; PATTON, P. C. *Flood Geomorphology*. New York: Jonh Willey & Sons, 1988. p. 51 - 64.

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

RICHARDS, K. *Rivers. Forms and processes in alluvial channels*. New York: Methuem e Co. (Ed.), 1982. 358 p.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. *Erosão Marginal em Canais Associados ao Rio Paraná, na Região de Porto Rico-PR*. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, n. 44. 1996.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. *Avaliação preliminar das principais condicionantes da intensidade de processos erosivos nos canais do sistema de Inundação do Alto Rio Paraná*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 7., 1999, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 1999.

ROSS, J. L. S. *Estudos Cartográfico Geomorfológicos da Província Serrana MT*. Tese de Doutorado, São Paul, São Paulo.1994. 326 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. *Boletim Climatológico*, Presidente Prudente, ano 1, n. 1, p. 56, 1996.

SCHUMM, S. A. *The fluvial system*. New York: John Willey & Sons, 1977. 337 p.

SILVA, A. *Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres-MT*. 2006 Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SILVA, A. et al. *Compartimentação geomorfológica do Rio Paraguai na borda norte do Pantanal Mato-grossense, região de Cáceres - MT*. RBC. Revista Brasileira de Cartografia, v. 59, p. 73-81, 2007

SOUZA FILHO, E. E. *Aspectos da Geologia e Estratigrafia dos Depósitos Sedimentares do Rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guairá (PR)*. 1993. Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1993.

SOUZA, C. A. *Dinâmica do Corredor Fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã - MT*, Tese de Doutorado UFRJ, 2004.

TUCCI, C. E. M. *Regionalização de vazões*. Porto Alegre: Ed.da UFRGS, 2002. p. 256.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 237 p.