

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**A PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO RIO ARAGUAIA: PROCESSOS
GEOMORFOLÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Roberto Prado de Moraes

Goiânia, 2006

Roberto Prado de Moraes

**A PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO RIO ARAGUAIA: PROCESSOS
GEOMORFOLÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental.

Orientador: Dr. Edgardo Manuel Latrubesse

Goiânia , 2006

Roberto Prado de Moraes

**A PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO RIO ARAGUAIA: PROCESSOS
GEOMORFOLÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 29 de maio de 2006

Banca examinadora constituída pelos professores (as):

Prof. Dr. Edgardo Manuel Latrubesse
Universidade Federal de Goiás - UFG
(Orientador)

Prof. Dr. Renato Fontes Guimarães
Universidade de Brasília - UnB
(Membro)

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
(Membro)

Prof. Dr. Leandro Gonçalves Oliveira
Universidade Federal de Goiás - UFG
(Membro)

Prof. Dra. Maria do Amparo A. Aguiar
Universidade Federal de Goiás - UFG
(Membro)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais

José Marra e

Sebastiana Helena

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ter sido realizado sem a ajuda de inúmeras pessoas, e por isso agradecimentos pela paciência, generosidade, dedicação, compreensão e boa vontade de várias pessoas devem ser abundantemente distribuídos. Não tenho palavras para expressar minha gratidão a todos que me apoiaram e que várias vezes deixaram seus compromissos para me ajudarem ao longo desses últimos anos.

Agradeço a Deus por permitir a realização desta obra.

Ao meu orientador Dr. Edgardo Manuel Latrubesse pela orientação, apoio, amizade, dedicação, incentivo e paciência.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Aos Laboratórios de Geologia e Geografia Física (LABOGEF) e Laboratório de Processamento de Imagens (LAPIG) do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, pela disponibilidade de uso dos equipamentos e apoio.

Aos amigos sempre dispostos a ajudar, Thiago Morato, Kênia Gonçalves e Mariana Paris.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	3
APRESENTAÇÃO	5
INTRODUÇÃO GERAL	7
Artigo 1: Geomorfologia da planície aluvial e descrição das morfologias associadas ao canal do médio Araguaia	15
Resumo	16
Abstract	17
1 - Introdução	18
2 - Área de Estudo	19
3 - Metodologia	20
3.1 – Mapeamento da planície	20
3.2 – Trabalhos de campo	22
4 – Sistemas lacustres da planície aluvial	23
5 - As unidades morfossedimentares da planície de inundação do rio Araguaia	23
5.1 – Planície de escoamento impedido	24
5.2 – Planície de Paleomeandros	26
5.3 - Planície e acreção de barras e ilhas	27
6 – Descrição dos processos de formação de barras e ilhas e seus mecanismos de acreção à planície aluvial associadas à unidade III	28
6.1 – As barras de canal do médio Araguaia	29
6.1.1 – Barras Laterais	29
6.1.2 – Barras em Pontal	30
6.1.3 – Barras de Soldamento	30
6.1.4 – Barras Centrais	30
6.2 – As ilhas	32

7 – Distribuição espacial das unidades morfossedimentares da planície aluvial do Araguaia	34
8 – Considerações Finais	38
9 - Referências Bibliográficas	39
Artigo 2: Avaliação qualitativa e semi-quantitativa das variáveis morfométricas e morfológicas do rio Araguaia	43
Resumo	44
Abstract	45
1 – Introdução	46
2 – Área de Estudo	47
3 – Metodologia	47
3.1 – Definição dos dados temporais	47
3.2 – Área das sub-bacias afluentes	49
3.3 – Obtenção dos dados semi-quantitativos das morfologias do canal	50
3.4 – Determinação das larguras do canal	50
3.5 – Índices de sinuosidade e entrelaçamento do canal	50
4 – Descrição qualitativa e semi-quantitativa das variáveis morfométricas e morfológicas do canal do médio Araguaia	51
4.1 – Variação areal e numérica das barras do canal do médio Araguaia	53
4.2 – Variação areal e numérica das ilhas do canal do Médio Araguaia	57

4.3 – Classificação das ilhas do canal do médio Araguaia em função de suas dimensões areais	60
4.4 – Índices de sinuosidade e entrelaçamento do canal do médio Araguaia	65
5 – Considerações Finais	67
6 - Referências Bibliográficas	70
Artigo 3: Estimativas do volume e massa dos processos erosivos e sedimentares do canal do médio Araguaia	73
Resumo	74
Abstract	75
1 – Introdução	76
2 – Área de Estudo	77
3 – Metodologia	79
3.1 – Etapa 1	79
3.2 – Etapa 2	79
4 – Dados gerais da planície aluvial do médio Araguaia	81
5 - Fatores que determinam a intensidade erosiva nas diferentes unidades da planície aluvial	82
6 – Taxas areais de remobilizações de sedimentos da planície aluvial por processos erosivos	83
6.1 – Unidade I - planície de escoamento impedido	84
6.2 - Unidade II - planície de paleomeandros	85
6.3 - Unidade III - planície de acreção de barras e ilhas	86
6.4 – Terraços	88
7 – Estimativa média anual do material erodido e sedimentado no canal do médio Araguaia	89
8 – Considerações Finais	92
9 - Referências Bibliográficas	94

Artigo 4: Controles abióticos geomorfológicos na distribuição de unidades vegetacionais da planície aluvial do médio Araguaia	97
Resumo	98
Abstract	99
1 - Introdução	100
2 – Área de Estudo	101
3 – Metodologia	102
3.1 – Conjunto de dados	102
3.2 – Mapeamento das Unidades morfo-vegetacionais	103
3.3 – Cruzamento de dados	104
4 – Unidades morfossedimentares da planície de inundação do rio Araguaia	104
4.1 – Unidade I: Planície de escoamento impedido	106
4.2 – Unidade II: Planície de paleomeandros	106
4.3 – Unidade III: Planície de acreção de barras e ilhas	107
5 – Unidades de vegetação da planície aluvial do rio Araguaia	108
5.1 – Unidade de vegetação pioneira herbácea	109
5.2 – Unidade de vegetação arbustiva - arbórea	110
5.3 – Unidade de vegetação arbórea	110
5.4 – Unidade de vegetação antropizada	111
6 – Distribuição areal das unidades vegetacionais	112
7 – As unidades morfo-vegetacionais da planície aluvial do médio Araguaia	112
8 – A dinâmica de remobilização das unidades morfo-vegetacionais	116
8 – Considerações Finais	119
9 - Referências Bibliográficas	121

Artigo 5: Mudanças no uso da terra e suas consequências para a morfologia do canal do médio Araguaia entre as décadas de 1960 e 1990	123
Resumo	124
Abstract	125
1 – Introdução	126
2 – Área de estudo	127
3 – Metodologia	129
3.1 - Etapa 1- Dados geomorfológicos e sedimentológicos	129
3.2 - Etapa 2 – Dados socioeconômicos	129
3.3 - Etapa 3 – Cruzamento de dados	130
4 – Breves considerações sobre a região de domínio do bioma Cerrado	130
5 – O desmatamento do cerrado na bacia do Araguaia no estado de Goiás	132
6 - Relação do desmatamento do Cerrado com as práticas de criação de gado na bacia do Araguaia em Goiás	133
7 – Relação entre as mudanças no uso da terra e o aumento do PIB dos municípios da bacia do Araguaia em Goiás	135
8 – Consequências do uso da terra e das atividades econômicas para as características morfológicas do canal do médio Araguaia	137
8.1 – A intensidade dos processos de erosão e sedimentação do canal do médio Araguaia ao longo das décadas de 1960, 1970 e 1990	137
8.2 – Comportamento das barras de canal	139
9 – Considerações Finais	141
10 - Referências Bibliográficas	143
CONSIDERAÇÕES GERAIS	148
BIBLIOGRAFIA	152

A PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO RIO ARAGUAIA: PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS

RESUMO

A bacia do rio Araguaia é um dos sistemas fluviais mais importantes da América do Sul. Com uma área de 380.000 km², inclui duas regiões fitogeográficas que concentram boa parte da biodiversidade do planeta: o Cerrado ao sul e Floresta Amazônica ao norte. O alto grau de destruição do bioma Cerrado e mudanças no uso da terra em larga escala, para a expansão das atividades agropecuárias, a partir de 1965, resultaram em um maior aporte de sedimentos no sistema fluvial. O estudo abrange o trecho médio do rio Araguaia localizado entre a cidade de Barra de Garças (MT) e a confluência do rio Cristalino com o rio Araguaia junto à Ilha do Bananal, correspondendo a 580 km de extensão. A abordagem multidisciplinar do estudo teve como objetivo, analisar os processos geomórficos do canal e da planície aluvial do médio rio Araguaia, que resultaram em mudanças ambientais para a morfologia do canal e conseqüentemente na dinâmica de sucessão vegetal, desencadeadas por variáveis de transformação associadas aos processos erosivos e sedimentares no canal. Os dados quantitativos dos elementos morfológicos, processos erosivos e sedimentares do canal e da planície aluvial foram obtidos através de mapeamentos com o uso de cartas planialtimétricas, fotografias aéreas USAF (1965), imagens de satélite Landsat 1 MSS (1975) e Landsat 5 TM (1998). Utilizando os recursos de geoprocessamento, foram gerados relatórios areaais das superfícies erodidas e sedimentadas e aplicadas equações matemáticas para estimar volume e massa dos sedimentos remobilizados e armazenados no sistema fluvial. Além dos dados geomorfológicos, foram obtidas informações socioeconômicas da área da bacia do Araguaia no Estado de Goiás, entre as décadas de 1960 e 2000, como o PIB (Produto Interno Bruto) dos municípios inseridos na bacia, estatísticas do crescimento do rebanho bovino e dados da área da cobertura vegetal de Cerrado e desmatamento. Interrelacionando os dados físicos e socioeconômicos foi possível obter uma correlação entre o desencadeamento dos processos geomorfológicos que alteram o canal e o crescimento e desenvolvimento das atividades socioeconômicas. Os resultados revelaram que entre 1965 e 1975 poucas mudanças morfológicas ocorreram no canal fluvial. A partir de 1975, tem início um processo acelerado de erosão das margens do canal e de ilhas, remobilizando além dos sedimentos, a vegetação de maior porte, como as do tipo arbórea e arbustivo-arbórea, que estão associadas às unidades mais velhas da planície aluvial. Com um maior aporte de sedimentos que entraram no canal, a partir da erosão das margens e das ilhas, antes estáveis, e em maior grau, através dos afluentes que drenam a área de contribuição da bacia, alteradas pelo uso da terra (agricultura e pecuária), o excesso de sedimentos intensificou a sedimentação lateral e a formação de barras do tipo centrais, aumentando o entrelaçamento do canal e, portanto, sua morfologia. Estimou-se que entre 1965 e 1998 cerca de 233 milhões de toneladas de sedimentos ficou armazenado no canal fluvial do rio Araguaia no trecho de estudo. Nas novas áreas de sedimentação, desenvolveu uma vegetação herbácea adaptada às superfícies arenosas. Ficou evidente que vem ocorrendo na planície a substituição de uma vegetação de maior porte, com maior diversidade florística, por uma vegetação de gramíneas do tipo herbáceas, associadas à formação de uma unidade geomorfológica mais jovem e instável, aos processos erosivos e sedimentares, devido ao comportamento hidrológico do canal. Este fato, provavelmente trará conseqüências a diversos processos biológicos associados à planície aluvial. Em outra abordagem, ao longo do período histórico da análise, verificou-se que à medida que aumentavam as porcentagens de áreas de vegetação natural de Cerrado convertidas em áreas

agrícolas e de pastagens cultivadas, o PIB dos municípios apresentava crescimento. A correlação entre áreas desmatadas, crescimento do PIB, volume e massa de sedimentos armazenados no sistema fluvial e aumento de barras arenosas no canal resultaram em evidências absolutamente satisfatórias em inferir que o crescimento econômico da região encontra-se numa relação de dependência direta com as mudanças no uso da terra das áreas de Cerrado, e suas implicações ambientais nos processos de mudanças morfológicas no canal e na planície aluvial do rio Araguaia.

Palavras chaves: Rio Araguaia, planície aluvial, erosão e sedimentação, mudanças morfológicas, sucessão vegetacional, bioma Cerrado, uso da terra, crescimento econômico.

THE ALLUVIAL PLAIN OF THE ARAGUAIA RIVER: GEOMORPHOLOGICAL PROCESS AND ITS ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES

ABSTRACT

The Araguaia River is the most important fluvial system of South America. With an area of 380.000Km², it's includes two phytogeography regions that have a good part of planet biodiversity: Cerrado, in the south, and Amazonia Forest, in the north of Brazil. The high level of Cerrado ecosystem destruction and changes in the land using, after 1965, promoted an intense sedimentation in fluvial system. This study is about the channel of Araguaia river, in a 580 km extension, between the city of Barra do Garças (MT) and the confluence of Cristalino and Araguaia Rivers. The multidisciplinary approach of this study has as aim analyze the channel geomorphic and middle reach alluvial plains processes causing environmental changes to the channel morphology and to vegetation succession, done by the erosive and sedimentary processes in the channel. The quantitative data were obtained through maps, air photographs and topographic charts from Landsat 1 MMS (1975) and Landsat 5 TM (1998). Using geoprocessing recourses were done areal reports of erosive and sedimentary plans and were applied mathematics equations to estimate sediments bulk and mass remobilized and stored in fluvial system. Were obtained also socioeconomic information about the Araguaia River basin area in Goiás, during the decades of 1960 and 2000, the cities of this same basin's GDP, the cattle growing statistics, vegetation and deforestation areas. The physical and socioeconomic data showed a correlation between the emergence of geomorphologic processes that had modified the channel, with the growth and development socioeconomic's activities. The gotten results had disclosed that between 1965 and 1975, few changes had occurred in the fluvial channel. After 1975, a sped up erosion process of the channel edges and of islands has beginning, mobilizing the sediments, the bigger vegetation, as arboreal and bush arboreal type, that are associates to the oldest units of alluvial plain. With greater arrives of sediments that had entered in the channel, from the edges and the islands erosion, before steady, and in bigger degree, through the tributaries that drain the contribution basin area, modified for the use of the land (cattle and agriculture), the excess of sediments intensified the lateral sedimentation and the formation of bars of the central type, increasing the interlacement of the channel and, therefore, its morphology. It was estimated that between 1965 and 1998, about 233 million tons of sediments had been stored in the fluvial channel of Araguaia river. In the new sedimentation areas it was developed herbaceous vegetation adapted to the sandy surfaces. It was evident that it is occurring, in the plain, the substitution of a bigger vegetation, with bigger floristic diversity, for a grassy vegetation of the type herbaceous, associates to the formation of a geomorphologic unit younger and unstable to the erosive and sedimentary processes, because of the hydrologic channel behavior. This fact probably will bring consequences to the diverse biological processes associates to all alluvial plain. In one another approach, throughout the historical period of the analysis, was verified that as they increased the percentages of Cerrado natural vegetation areas in the area of the basin converted into agricultural areas and of cultivated pastures, the GDP of the cities also increased. The correlation between deforested areas, growth of the GDP, volume and mass of sediments stored in the fluvial system and increase of arenaceous bars in the channel resulted absolutely in satisfactory evidences in inferring that

the economic growth of the region is in a relation of direct dependence with the changes in the use of the land of the Cerrado areas, and its ambient implications in the processes of morphologic changes in the Araguaia River channel and plain.

Key words: Araguaia River, alluvial plain, erosion and sedimentation, morphologic changes, vegetation succession, Cerrado, land using, economic growing.

APRESENTAÇÃO

A bacia do médio rio Araguaia é uma das áreas prioritárias de pesquisa do Laboratório de Geologia e Geografia Física da Universidade Federal de Goiás. A pesquisa de doutorado aqui apresentada teve início no âmbito do projeto *Morfodinâmica atual e evolução quaternária da planície aluvial do rio Araguaia: suas implicações ambientais*. Esse projeto foi financiado pelo CNPq, o que permitiu a obtenção da grande maioria dos dados, aqui apresentados, possibilitando um melhor entendimento dos processos físico-ambientais sobre esse grande rio tropical, o qual drena o segundo maior Bioma do Brasil, o Cerrado.

Atualmente, as pesquisas na bacia do rio Araguaia estão vinculadas à Rede CABAH – *Controles abióticos da vegetação em áreas úmidas: comparação e diagnóstico na aplicação de técnicas de espacialização e monitoramento de unidades vegetacionais*. Essa rede é subsidiada pelo CNPq e pelo programa CYTED (Ciência y Tecnología para el Desarrollo) cuja abrangência são os países Ibero-americanos. No Brasil, as áreas de desenvolvimento destes estudos são as bacias do rio Araguaia e rio Paraná.

A conclusão desta tese foi possível, principalmente, devido aos financiamentos concedidos por esses programas, pois permitiu a aquisição de materiais cartográficos e de imagens de satélite, equipamentos de laboratório e a realização de trabalhos de campo.

A tese de doutorado aqui apresentada intitula-se *A planície aluvial do Médio Rio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais*, estando vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB) da Universidade Federal de Goiás. A pesquisa teve como objetivo a abordagem multidisciplinar da análise dos processos geomórficos do canal e da planície aluvial do médio rio Araguaia que implicam em mudanças ambientais, sejam para a morfologia do canal ou na dinâmica de sucessão vegetacional desencadeadas por variáveis de transformação, como processos erosivos e sedimentares.

Os objetivos específicos resultaram nos cinco artigos que integram essa tese de doutorado.

No artigo I, **Geomorfologia da planície aluvial e descrições das morfologias associadas ao canal do médio Araguaia**, tendo como suporte bases conceituais de geomorfologia fluvial e sedimentologia, foram mapeadas e descritas as unidades morfosedimentares da planície aluvial do médio rio Araguaia.

No artigo II, **Avaliação quantitativa e semi-quantitativa das variáveis morfométricas e morfológicas do canal do rio Araguaia**, considerando as ilhas e barras como feições dinâmicas de transformação, foi feito um levantamento detalhado de dos tipos, variações areais e numéricas em três intervalos temporais, para diagnosticar os processos que conduzem suas mudanças no canal fluvial.

No artigo III, **Estimativas do volume e massa dos processos erosivos e sedimentares do canal do médio Araguaia**, verificou-se a necessidade em quantificar volumetricamente a quantidade de sedimentos erodidos e sedimentados no canal ao longo do período e fazer uma estimativa anual desses valores devido a intensidade dos processos de erosão e sedimentação do canal médio Araguaia diagnosticada entre as décadas de 1965 e 1997.

No artigo IV, **Controles abióticos geomorfológicos na distribuição de unidades vegetacionais da planície aluvial do médio Araguaia**, discutiu-se como a dinâmica fluvial atua nos processos de sucessão vegetal, considerando as atividades erosivas e sedimentares do canal dentro de um intervalo temporal de poucas décadas.

No artigo V, **Mudanças no uso da terra e suas consequências para a morfologia do canal do médio Araguaia entre as décadas de 1960 e 1990**, foram analisadas as consequências das mudanças no uso da terra da área de bacia do Araguaia inserida no Estado de Goiás, e como suas implicações socioeconômicas, influenciaram na alteração do comportamento erosivo e sedimentar do canal entre as décadas de 1960 e 1990.

INTRODUÇÃO

A bacia Araguaia - Tocantins é um dos sistemas fluviais mais importantes da América do Sul. Em termos areaais, é a quarta em tamanho com 777.308 km², sendo precedida apenas para as bacias do Amazonas, Paraná e Orinoco (Latrubesse *et al.* 1999; Morais, 2002).

Essa bacia hidrográfica é formada por importantes mananciais, dentre os quais se destacam o rio Araguaia, o rio Tocantins e o rio das Mortes. Geograficamente, a bacia desenvolve-se aproximadamente entre os paralelos 02° e 18° de latitude sul e os meridianos de 46° e 56° de longitude oeste (figura 1).

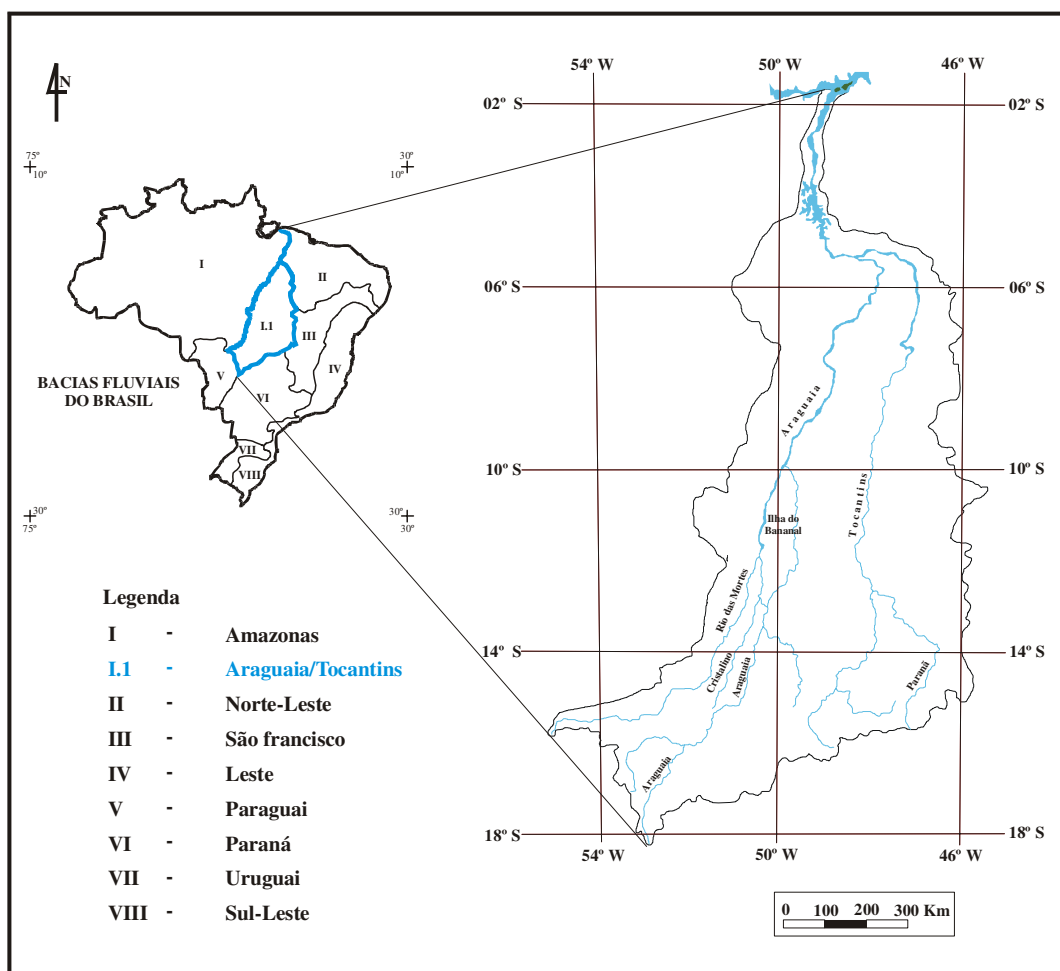


Figura 1: Localização da bacia do Araguaia-Tocantins.

Na bibliografia sobre o tema, o rio Araguaia é considerado afluente do rio Tocantins, embora seja o Araguaia o rio de maior extensão longitudinal ao longo da bacia. Por critérios geomorfológicos, portanto, o Araguaia deveria ser o rio principal e o rio Tocantins seu principal afluente. A bacia do Araguaia está localizada aproximadamente entre os paralelos 05° 11' 57" e 18° 03' 37" de latitude sul e os meridianos 47° 41' 04" e 55° 20' 21" de longitude oeste.

O Araguaia nasce na Serra do Caiapó, próximo ao Parque Nacional das Emas a uma altitude de 850 metros, na divisa dos Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. As altitudes variam de 850 metros nas nascentes, até cerca de 100 metros na foz no rio Tocantins, apresentando um desnível topográfico da ordem de 750 metros (Morais, 2002).

Sua extensão longitudinal até desaguar no Tocantins é de 2.115 km (IBGE, 1977). Após percorrer 720 km, divide-se em dois braços formando a Ilha do Bananal, com uma extensão de 375 km. Até a Ilha do Bananal, verifica-se uma amplitude topográfica de 570 metros.

A bacia do Araguaia drena áreas elevadas do Planalto Central Brasileiro. A bacia se desenvolve no sentido sul – norte, condicionada por controles estruturais herdados da evolução dos ciclos tectônicos Pré-Cambrianos. Geologicamente, a área é dominada por rochas Pré-Cambrianas do Escudo Brasileiro, definidas como sequências supracrustais do Cinturão Araguaia-Tocantins (Hassuy & Miotto, 1988), rochas Paleozóicas e Mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná, sedimentos Terciários e depósitos quaternários.

O Cinturão Araguaia-Tocantins é o elemento geotectônico de maior importância na bacia Araguaia-Tocantins. Trata-se de uma faixa alongada de cavalgamento localizada entre os Crátos Pré-Cambrianos do Brasil Central. Estende-se desde as proximidades de Tucuruí (Pará), até próximo à localidade de Mozarlândia (Goiás), já próxima ao limite sul da bacia, compreendendo uma faixa alongada na direção norte-sul, de aproximadamente 1.000 km de extensão por 200 km de largura.

Essa importante estrutura tem relação com diferentes elementos tectônicos de importância regional, particularmente apresenta uma importante quantidade de falhas e lineamentos estruturais de direção predominante NE-SW, que são cortadas por outro sistema NW-SE. Esses sistemas conjugados dão origem ao condicionamento estrutural refletido na direção geral do rio Araguaia e no sistema horst/graben, que envolve o pacote basal da Bacia do Paraná no extremo sul da bacia de drenagem do Araguaia.

O Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN estabeleceu uma primeira divisão para o rio Araguaia, levando em consideração aspectos referentes à navegação. Latrubesse & Stevaux (2002) propuseram uma modificação dessa divisão utilizando critérios geomorfológicos, o qual fica estabelecido que a bacia do Araguaia possa ser dividida em três unidades: alto, médio e baixo Araguaia.

O alto Araguaia estende-se por 450 km desde a nascente até a cidade de Registro do Araguaia (MT), com uma área de drenagem de 36.400 Km². Geologicamente, a Alta bacia é formada por rochas Pré-Cambrianas do embasamento cristalino, sedimentos paleozóicos e mesozóicos e rochas basálticas da Bacia Sedimentar do Paraná, formando superfícies tabulares com vales encaixados fortemente controlados pelos lineamentos regionais no sentido NNE- SSW.

O médio Araguaia estende-se por 1.160 Km desde Registro do Araguaia (GO) até Conceição do Araguaia (PA) com uma área de drenagem de 320.290 Km². Esse trecho apresenta planície aluvial bem desenvolvida destacando sedimentos Cenozóicos terciários e quaternários.

Nesse contexto, destaca-se a Planície do Bananal, uma importante unidade geomorfológica e sedimentar. Trata-se de uma extensa área aplanada, constituída por sedimentos quaternários, ocupando uma área de aproximadamente 90.000 Km², o que corresponde aproximadamente 23% da área total da bacia do Araguaia. Localmente, esses sedimentos podem chegar a 100 km de largura mais ou menos contínua, em uma extensão de 700 km no sentido de direção norte-sul (Latrubesse & Stevaux, 2002).

Esta extensa planície torna-se temporariamente inundada durante a estação chuvosa, cujo represamento das águas pluviais possivelmente seja condicionado por uma rede de drenagem mal desenvolvida decorrente do baixo gradiente topográfico da área.

A planície caracteriza-se por apresentar uma grande variedade de formas geomorfológicas como sistemas lacustres representados por lagos do tipo oxbows, de canal abandonado, de espiras de meandro e de vales bloqueados (França & Latrubesse, 2001; Morais et. al. 2005).

O baixo Araguaia estende-se por 500 km, inicia-se a partir de Conceição do Araguaia (PA) até a confluência com o rio Tocantins. Neste trecho a planície aluvial praticamente desaparece e o canal desenvolve-se sobre rochas cristalinas Pré-Cambrianas.

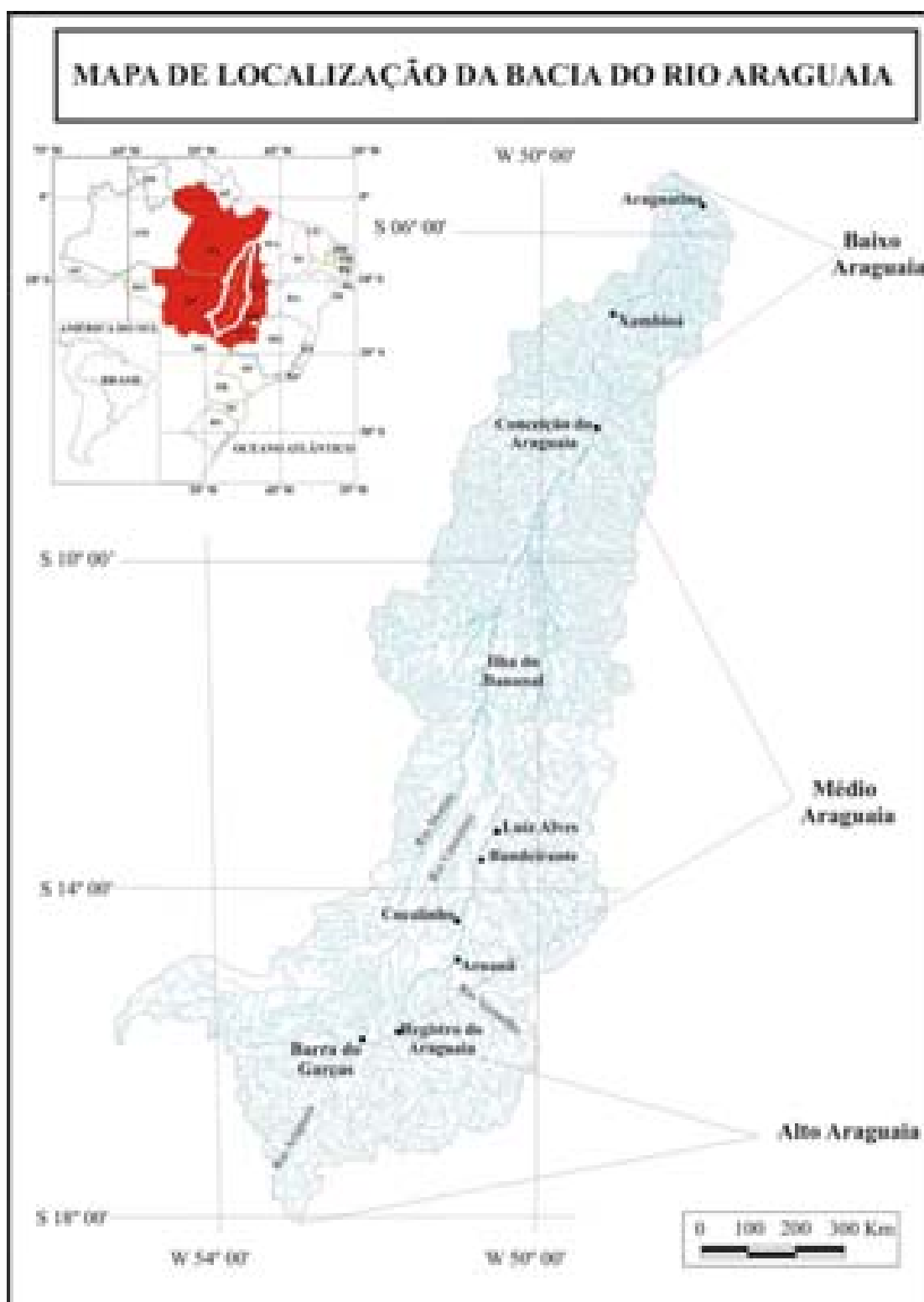


Figura 2: Localização da bacia do rio Araguaia

O clima na bacia do rio Araguaia é predominantemente de características continental tropical úmido, com tendência para um clima de natureza equatorial. Sua classificação climática, segundo o critério de Koeppen, é do tipo Cw.

A precipitação média anual varia entre 1300 a 1800 mm e aumentam consideravelmente na área mais ao norte da bacia, alcançando valores superiores a 2000 mm. Os meses considerados como os mais secos são junho, julho e agosto e o período chuvoso se estende de novembro a março.

A temperatura média anual na área é de 22°C. A amplitude entre as médias máximas e as médias mínimas é da ordem de 12°C. Nos setores norte e centro da bacia, a temperatura média máxima gira em torno de 33°C, decrescendo bastante para sul, atingindo 28°C.

As variações sazonais na região da bacia caracterizadas por períodos úmidos que ocorre entre os meses de outubro a abril e os períodos secos entre os meses de maio e setembro, exercem um forte controle nas variações de descarga na bacia.

O rio Araguaia apresenta picos de vazões bem definidas durante a estação úmida e fluxos menores durante a estação seca. A grande variação sazonal se reflete nas descargas de água, variando em 10-14 vezes no Médio Araguaia e acima de 20 vezes no Baixo Araguaia. A variabilidade do aumento das vazões no Baixo Araguaia deve-se ao fato do rio estar assentado sobre leito rochoso e a planície aluvial praticamente inexistente (Latrubesse & Stevaux, 2002).

A vegetação da bacia do rio Araguaia se constitui basicamente de formações vegetais do tipo savana, mais comumente denominada de Cerrado. Geograficamente, a área ocupada pelo Cerrado ocupa o espaço que separa e interliga as duas grandes regiões de florestas úmidas Tropicais da América do Sul: a Floresta Amazônica e a Mata Atlântica.

Há uma série de autores que propõem divisões e classificações quanto aos tipos e sub-tipos fisionômicos desse complexo sistema vegetacional, o que dificulta a descrição dessas unidades de forma mais detalhada. Dessa forma, torna-se justificável tecer alguns comentários sobre apenas dois tipos particulares dessa fisionomia, o cerrado “*stricto sensu*” devido à representatividade no contexto geral da bacia e a mata ciliar, por ocupar áreas localizadas nas margens do canal.

O cerrado propriamente dito refere-se a uma formação arbórea que tem seus elementos agrupados de forma mais rarefeita, por sobre um tapete gramíneo. Os componentes são típicos e se apresentam com pouca estatura, troncos tortuosos, folhas largas, grandes e coriáceas, casca espessa apresentando muitas vezes pelos nas folhas e um órgão subterrâneo chamado xilopódio. Essa fisionomia é a de maior distribuição espacial em toda a bacia.

A vegetação ciliar possui lençol freático próximo à superfície e apesar de variarem em largura, serpenteiam dentro dos cerrados modificando a monotonia da fisionomia. Por possuírem água disponível durante o período de estiagem, são sempre verdes, e não apresentam caducifolia foliar. Quando não antropizada ou mesmo preservada, pode apresentar espécies vegetais de porte considerável.

Na bacia do rio Araguaia, a mata ciliar apresenta alguns elementos que a difere de outras matas ciliares. Alguns trechos ficam alguns meses inundados devido às enchentes sazonais e as espécies aí são especialistas, diferindo das que não se submetem a esse fator (Morais, 2002).

O processo histórico de ocupação da bacia do Araguaia se dá logo após o ciclo do ouro (Séc. XVIII), com os criadores paulistas e mineiros ocupando as áreas pastoris do sul e sudeste goiano. A pecuária de forma extensiva era praticada sem qualquer requisito técnico-científico, utilizando exclusivamente os recursos disponibilizados pela natureza. A agricultura vem como um ciclo imediato à pecuária, mantida durante muito tempo em nível de subsistência.

Notadamente, a partir de 1964, os Planos Nacionais de Desenvolvimento estimularam a expansão da fronteira agropecuária sob base capitalista, o que implicou em concentração de terras e demais impactos de natureza sócio-ambiental.

No período entre 1970 e 1980, os estabelecimentos com mais de 1.000 ha tiveram uma leve redução em número e acréscimo em área. Tal fato demonstra que enquanto registrava-se redução na área das pequenas propriedades, evidenciava-se concentração da terra nos grandes latifúndios (EIA-RIMA/Hidrovia Araguaia-Tocantins, 1997).

Além das mudanças na estrutura fundiária, constata-se uma tendência crescente do cultivo de produtos voltados ao mercado externo (modelo exportador), beneficiando unicamente grandes produtores apoiados por sistema creditício subsidiado.

Cunha (1994) aponta dois fatores que impulsionaram a expansão agrícola recente sobre os cerrados: o crescimento da demanda por produtos agrícolas no centro dinâmico da economia brasileira e as políticas de desenvolvimento regional.

Na década de 1970, o Governo Federal criou o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados – POLOCENTRO – visando à ocupação racional e ordenada das áreas de cerrado. Foram selecionadas 12 áreas do Cerrado, espalhadas pelos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais. Esse programa vigorou de 1975 a 1982 beneficiando principalmente produtores de grande a médio porte. Estima-se que apenas nos seus primeiros cinco anos foram responsáveis pela incorporação direta de cerca de 2,4 milhões de hectares à

agricultura de cerrados ou cerca de 31% da área total adicionada a estabelecimentos agrícolas nas zonas atingidas (Cunha, *op. cit.*).

A partir de 1979, o POLOCENTRO começou a ser desativado e em 1980 teve início o Programa Intensivo para a Produção dos Cerrados – PRODECER onde o cerrado passou a contar com uma agricultura moderna, com adoção intensa de mecanização, adubação e uso de agrotóxicos.

Ainda nessa década, inicia-se a tentativa de instalação de complexos de transportes que baixassem os custos da produção agrícola, viabilizando o escoamento dos produtos de Goiás, Pará, Tocantins e Maranhão. Mas é no decorrer dos anos 1990 que esses anseios parecem mais concretos com a construção da Ferrovia Norte-Sul e com o projeto de implantação da Hidrovia Araguaia-Tocantins e do rio das Mortes. Essas hidrovias levariam à criação de um sistema de transportes intermodal que viabilizaria o escoamento da produção da região (Morais, 2002).

De acordo com IBGE (1999) que realizou um estudo de diagnóstico ambiental na bacia do Araguaia no trecho entre Barra do Garças (MT) e Luiz Alves (GO), entre os anos de 1970 e 1980, a área da bacia do Araguaia atraiu pecuaristas que transformaram a região num dos maiores pólos de agropecuária do Estado de Goiás e secundariamente de agricultura irrigada. Há, portanto, uma tendência cada vez mais acentuada de desmatamento na área para implementação de pastagens, e que avança progressivamente para terras com limitações ao uso agropecuário. As pastagens cultivadas são o principal tipo de uso atual na região.

Já o extremo sul da bacia, na região das nascentes do rio Araguaia, está caracterizada por atividades agrícolas intensivas, principalmente de grãos com destaque para a monocultura de soja.

A alta bacia do rio Araguaia, situada nas divisas dos Estados de Goiás e Mato Grosso, (Serra do Caiapó) é o divisor de águas entre as bacias Amazônica, do Prata e Paraguai. Nessa área de relevo de topo plano (Chapadas), implantou-se um modelo de ocupação da terra baseado na agricultura intensiva (mecanizada) e pecuária extensiva, cujas técnicas de cultivo baseiam-se no desmatamento indiscriminado, na utilização inadequada e abusiva de defensivos agrícolas e no manejo inadequado dos solos (Barbalho, 2001). Nessa região foram identificadas nas últimas décadas, traços erosivos profundos e voçorocas de grandes dimensões.

As atividades econômicas na área da bacia impulsionadas pelas mudanças no uso do solo e intensificando sua atividade erosiva, vem resultando, nos últimos anos, em uma maior quantidade de volume de sedimentos que são carregados e distribuídos pela rede fluvial e

atingem o canal principal do rio Araguaia. O resultado dessa ação é o assoreamento dos canais, mudanças na sua morfologia, alteração da qualidade das águas e impactos negativos nos ecossistemas aquáticos e dos processos geomorfológicos e ecológicos da planície aluvial de toda a bacia do Araguaia.

ARTIGO 1

**GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE ALUVIAL E DESCRIÇÃO DAS
MORFOLOGIAS ASSOCIADAS AO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA**

GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE ALUVIAL E DESCRIÇÃO DAS MORFOLOGIAS ASSOCIADAS AO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA

RESUMO

As planícies de inundação são compostas por variados depósitos de canal e de transbordamento. Sob a perspectiva genética, a planície aluvial do rio Araguaia é considerada de média energia não coesiva. O objetivo deste estudo foi completar o mapeamento da planície aluvial do médio Araguaia, segundo as bases conceituais de unidades morfosedimentares, e analisar sua distribuição espacial em relação ao canal do rio Araguaia numa extensão de 580 km, entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia. O mapeamento foi feito utilizando imagens Landsat 5 TM e fotografias aéreas. A área quantificada da planície aluvial do médio Araguaia tem 2106 km² e é formada por três unidades morfosedimentares: I - planície de escoamento impedido, II - planície de paleomeandros e III - planície de acreção de barras e ilhas. As barras de canal e as ilhas são as geofomas mais características do canal. A unidade I ocupa 39,7% da área total da planície, a Unidade II é a de maior representatividade areal com 46,6% e a unidade III, que está diretamente associada ao canal, ocupa 7,8% da área total. Os sistemas lacustres ocupam cerca de 5,9% da área da planície aluvial e estão classificados em dez categorias.

Palavras chaves: Rio Araguaia, planície aluvial, barras de canal e ilhas.

ABSTRACT

Floodplains are formed by different deposits of channel and overflows. Under the genetic perspective, the Araguaia alluvial plain is considered of an medium not cohesive energy. The objective of this paper was to complete the mapping of the middle Araguaia river alluvial plains, according to conceptual bases of morpho-sedimentary units, and to analyze its space distribution in relation to the channel of the Araguaia river in a 580 km extension, between the city of Barra do Garças (MT) and the confluence of the Cristalino and Araguaia rivers. The mapping was made using 5 TM Landsat images and aerial photos. The quantified area of the alluvial plain of the middle Araguaia has 2106 km² and it's formed by three morfo-sedimentary units: I – impeded alluvial plain, II - palaeomeanders alluvial plain and III - accreted bars and islands alluvial plain. The channel bars and islands are the most characteristics geoforms of the channel. The unit I occupies 39,7% of the total area the alluvial plain, while unit II has a bigger areal representation with 46,6%. The unit III, which is directly associated to the channel, occupies 7,8% of the total area. The lakes systems occupies around 5,9% of the alluvial plain area. They are classified in ten categories.

Key words: Araguaia river, alluvial plain, channel bars and islands.

1 - INTRODUÇÃO

As planícies aluviais são produzidas por processos físicos de deposição dos rios numa variedade de sub-ambientes sedimentares, cujas variações dominantes produzem uma grande variedade de formas. Nas planícies dos rios estão registradas as mudanças históricas do ambiente ao longo do tempo em que ela se formou (Lewin, 1996).

Durante um período de décadas, ou mesmo séculos, considera-se que apenas uma pequena parte do aluvião total em um vale seja transportado pelo rio. Os sedimentos são estocados nas planícies de inundação atuais ou em depósitos antigos. As planícies aluviais, normalmente se formam ao longo de um considerável período e refletem processos que são transgressivos através do tempo. Ao longo de um rio estável lateralmente, ou de migração lateral lenta, as partes basal e distal da planície de inundação podem ter uma herança de um regime de fluxo mais antigo, enquanto que, as unidades superiores ou próximas ao canal principal representam melhor os sedimentos transportados e depositados pelo atual regime de fluxo (Nanson e Croke, 1992). As planícies aluviais surgem, portanto, compostas de variados depósitos de canal e de transbordamento.

Segundo Church (1996), as planícies são superfícies construídas pelo rio atual, resultado da deposição de sedimentos durante sua migração lateral e inundações. Elas podem conter lagos ou braços de canais, sazonalmente ou permanentemente conectados com o canal principal, os quais constituem importantes habitats aquáticos. Existem na literatura diversas e ambíguas terminologias apresentadas para as planícies de inundação, constituindo por vezes um obstáculo para sua classificação, cujos critérios podem ser o intervalo de recorrência de margens plenas (Leopold et al. 1964; Dury, 1973), morfológicos, (Kellerhals et al., 1976; Miall, 1977; Lewin, 1978), biológicos (Junk et al., 1989; Junk e Fuch, 1993) e geomórficos definidos por Nanson e Croke (1992) como genéticos. A planície de inundação sob a perspectiva genética, adotada aqui neste estudo, pode ser concebida como uma geoforma aluvial, caracterizada pela presença de depósitos horizontais construídos por uma grande variedade de sedimentos que correspondem as características deposicionais dos diferentes ambientes de formação.

De acordo com a classificação genética, Bayer (2002) considera a planície aluvial do rio Araguaia como uma planície de inundação de média energia não coesiva, classe B. Para Nanson e Croke (1992), as planícies aluviais do tipo classe B são consideradas como de equilíbrio dinâmico com o regime do fluxo anual, e não são usualmente afetadas por eventos extremos. A energia específica do canal é tida como de médio nível devido ao fluxo das

grandes inundações escoarem em transbordamento e dissipar sua energia sobre a planície de inundação. A erodibilidade das margens está diretamente relacionada à textura dos sedimentos. O mecanismo preferencial de construção do canal é por acreção lateral por barras ou acreção de canais entrelaçados.

Bayer (2002) realizou o mapeamento de parte da planície do médio Araguaia localizada entre as cidades de Registro do Araguaia-GO e Cocalinho (MT), cuja extensão é de aproximadamente 228 km. O trabalho aqui apresentado teve como objetivo complementar o mapeamento da planície ao longo de 580 km, utilizando bases conceituais da arquitetura dos depósitos modificada de Bayer (2002) por Latrubesse e Stevaux (2002). Objetiva-se ainda analisar a distribuição areal das unidades da planície em função dos dez segmentos em que está dividido o médio Araguaia, segundo Morais (2002).

2 - ÁREA DE ESTUDO

O rio Araguaia nasce na Serra do Caiapó, extremo sudoeste do Estado de Goiás, divisa com os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, e percorre 2.110 km de extensão até desaguar no rio Tocantins, região conhecida como Bico do Papagaio, no extremo norte do Estado do Tocantins (figura 1). As altitudes variam entre 850m nas nascentes e 100m na foz, apresentando um desnível topográfico de 750m. Após percorrer 720 km, divide-se em dois braços formando a Ilha do Bananal, com extensão de 375 km, considerada a maior ilha fluvial do mundo.

A área aproximada da bacia é de 380.000 km² com vazão média de 6.420 m³/s. O rio Araguaia caracteriza-se por ser um canal do tipo anabranching de baixa sinuosidade, com tendência ao entrelaçamento. Transporta abundante carga de fundo (areias), e as barras e ilhas são as feições aluviais principais ao longo do canal.

O clima na área da bacia é do tipo continental tropical úmido (Cw), na classificação de Köppen, com temperatura média anual de 22° C e precipitação média entre 1300 mm a 1800mm (Nimer, 1989). A área abrange grandes extensões de Cerrado, áreas inundáveis e de transição para a floresta tropical úmida da Amazônia ao norte.

A bacia drena áreas elevadas do Planalto Central Brasileiro e se desenvolve no sentido sul – norte, condicionada por controles estruturais (falhas e lineamentos) herdados da evolução dos ciclos tectônicos Pré-Cambrianos de direção predominante SW-NE, cortadas por um outro sistema no sentido SE-NW.

O rio Araguaia é dividido em três unidades: alto Araguaia com extensão de 450 km de canal, drena áreas de rochas cristalinas pré-cambrianas, rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná. O médio Araguaia com 1.160 km de extensão caracteriza-se pelo desenvolvimento de sua planície aluvial formada por sedimentos Cenozóicos terciários e quaternários. O baixo Araguaia com 500 km de extensão, não desenvolve planície aluvial, drenando rochas cristalinas pré-cambrianas do Escudo Brasileiro (Latrubesse e Stevaux, 2002).

A área de estudo está inserida no médio Araguaia e tem uma extensão de aproximadamente 580 km. O canal neste trecho está dividido em 10 segmentos de canal localizados entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia, próximo a Ilha do Bananal (figura 1).

3 – METODOLOGIA

O mapeamento de Bayer (2002) foi feito utilizando critérios geomorfológicos, diferenciando áreas de domínio de certas morfologias para definir os limites entre as unidades da planície. Esse mapeamento contemplou apenas 228 km da planície localizada entre as cidades de Registro do Araguaia-GO e Cocalinho-MT (figura 2).

Para complementar essas informações, propôs-se aqui, mapear outros 352 km da planície (Figura 2), assim como adaptar o mapeamento de Bayer (2002) às modificações propostas por Latrubesse e Stevaux (2002) que classificam a planície como unidades morfo-sedimentares, considerando além dos critérios geomorfológicos, a arquitetura dos depósitos sedimentares da planície. Nesse sentido, o mapeamento de Bayer (2002) também sofreu modificações.

3.1 – Mapeamento da planície

Utilizou-se, como base para espacialização dos dados, as cartas planialtimétricas do IBGE/DSG, escala 1:100000. O mapeamento das unidades da planície foi feito através da interpretação de imagens de satélite Landsat 5 TM (órbita-ponto 223-69, 223-70 e 223-71) em formato digital. Fotografias aéreas da USAF (1965) escala 1:60000 e os mosaicos de radar GEMS 1000, banda X, escala 1:250000 do Projeto RADAMBRASIL, foram usados como suporte na interpretação visual dos elementos morfológicos.

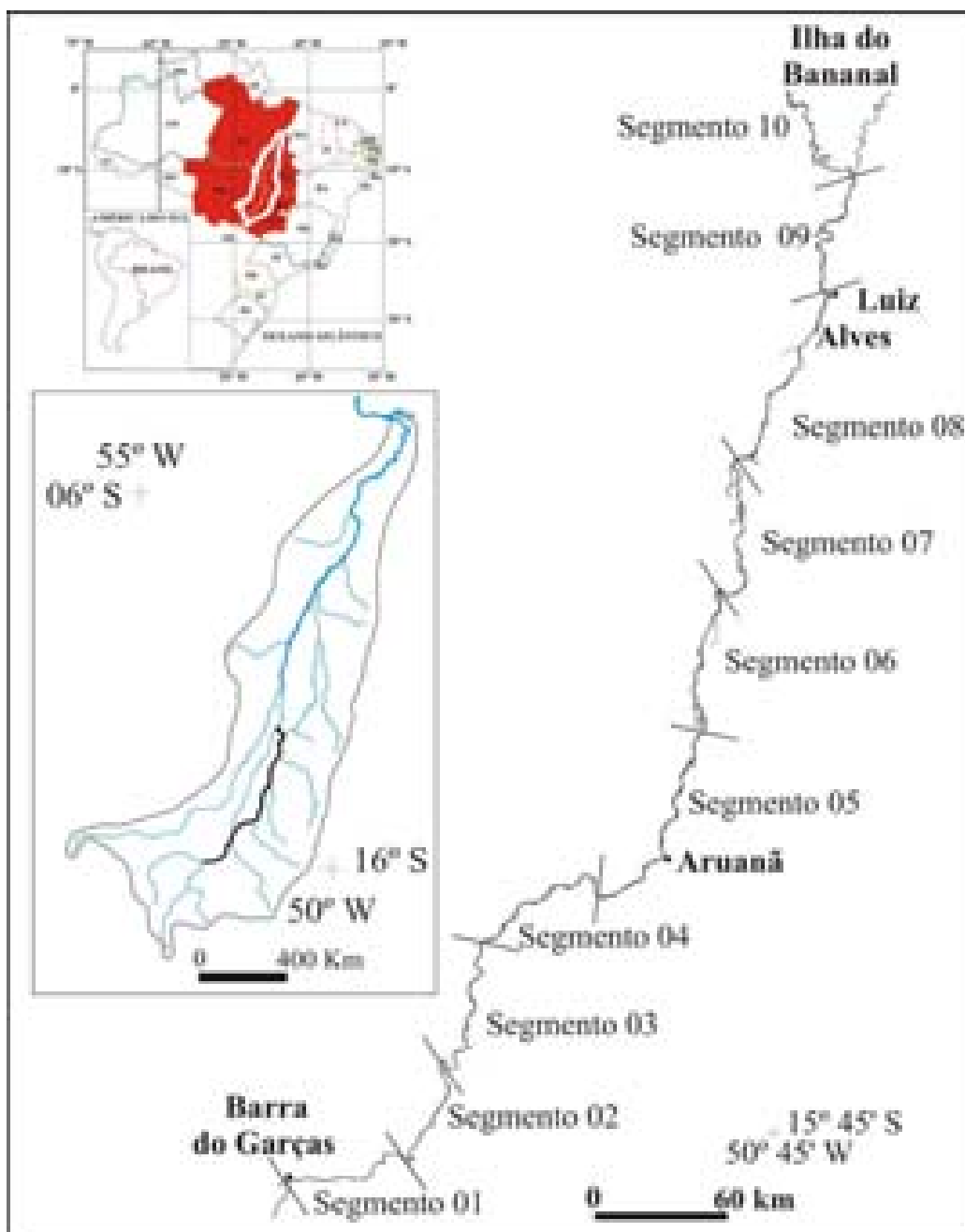


Figura 1: Localização da área de estudo

A entrada de dados no SIG (Sistema de Informação Geográfica) foi feita através do programa SPRING (Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada), de onde se obteve relatórios de áreas das unidades morfosedimentares da planície.

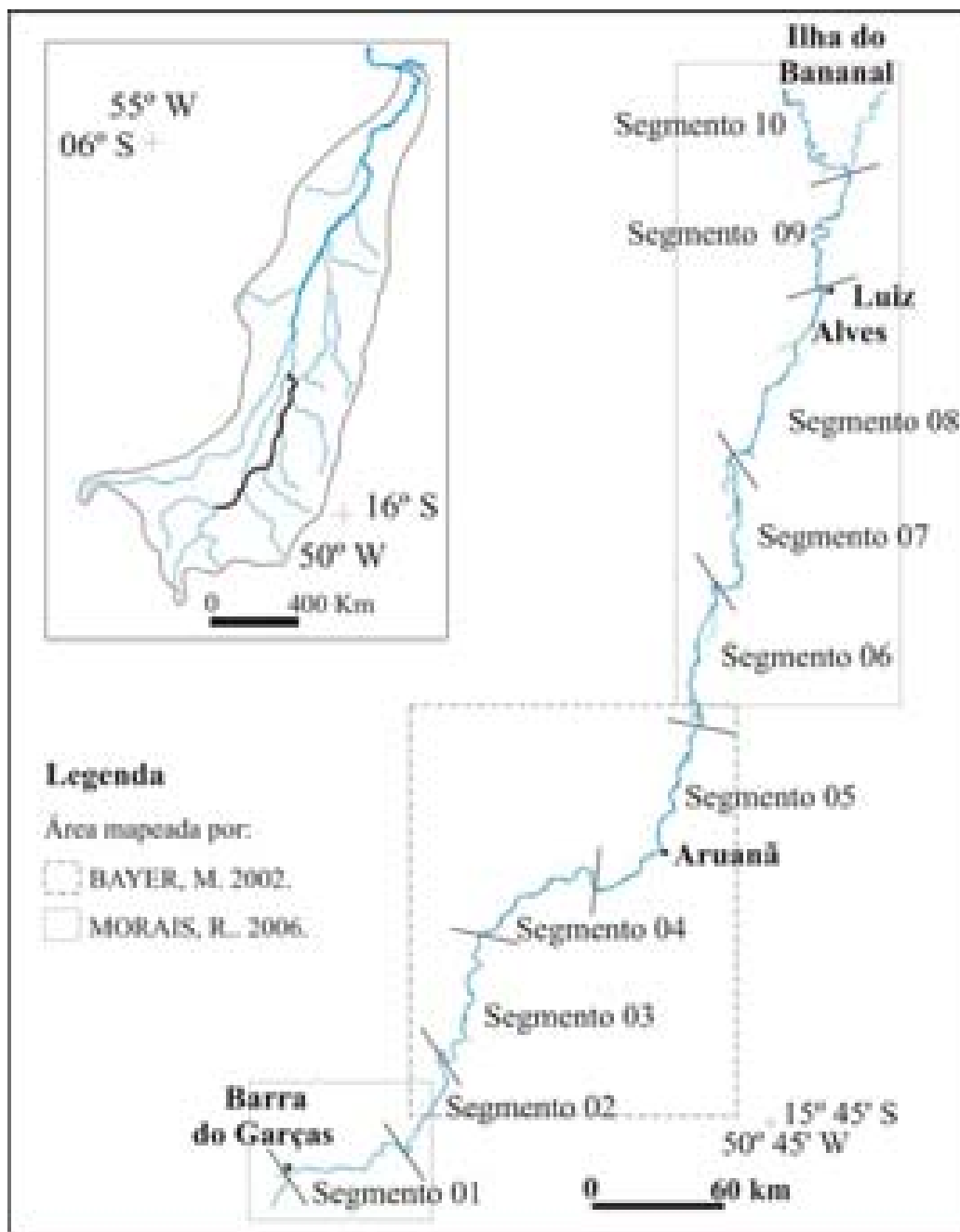


Figura 2: Área mapeada da planície do Araguaia

3.2 – Trabalhos de campo

Foram realizados trabalhos de campo na área de estudo para levantamento de perfis sedimentológicos dos barrancos do canal, e feitas perfurações na planície com trado mecânico e sonda vibracore, essa última, para obtenção de amostras indeformadas.

No canal foram medidas e descritas as espessuras dos depósitos que formam as ilhas e barras sempre calibrados com as cotas do canal. Foram colhidas diversas amostras de sedimentos dos diferentes tipos de barras de canal e em canais assoreados para determinação da granulometria.

Determinou-se a granulometria dos sedimentos no Laboratório de Geologia e Geografia Física da Universidade Federal de Goiás, utilizando granulômetro a laser modelo Mastersizer 2000E. Os resultados granulométricos foram interpretados de acordo com o diâmetro dos grãos na fração 50% (d50) e classificados segundo a escala granulométrica de Wentworth.

4 – SISTEMAS LACUSTRES DA PLANÍCIE ALUVIAL

Os sistemas lacustres do rio Araguaia estão bem distribuídos por todas as unidades da planície aluvial. Seu ordenamento e a classificação geomorfológica foi feito utilizando a classificação de ambientes lênticos em planícies aluviais propostos por Drago (1976) e pela definição de lagos aluviais, segundo a classificação de Timms (1992), que identifica os tipos de lagos como: lagos de vales bloqueados, oxbows, canais abandonados e lagos de espiras de meandro.

Utilizando-se das definições de lagos desses dois autores (França e Latrubesse, 2001; França, 2002; Morais, et al. 2005) mapearam e classificaram os lagos do médio rio Araguaia, adaptando-os às características da planície. Podem-se distinguir os seguintes tipos de lagos da planície aluvial do médio Araguaia: lagos de canal abandonado, canal abandonado encadeado, espiras de meandro, espiras de meandro compostas, lagos de acreção lateral, oxbows, oxbows colmatados, oxbows compostos, vale bloqueado e lagos de diques marginais

5 - AS UNIDADES MORFO-SEDIMENTARES DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO ARAGUAIA

Segundo Latrubesse e Stevaux (2002), o médio Araguaia caracteriza-se por apresentar uma planície bem desenvolvida, exibindo um complexo mosaico de unidades morfosedimentares quaternárias. Os sedimentos da planície aluvial foram depositados durante o Pleistoceno e Holoceno. Os sedimentos Pleistocenos são formados por sedimentos

conglomeráticos arenosos e laterizados. Já os sedimentos Holocênicos são de variadas composições sedimentológicas, associadas a diversos tipos de ambientes lacustres, áreas pantanosas e pequenos canais que drenam a planície. A largura da planície pode variar entre 2 e 10 km.

O conjunto das unidades morfosedimentares descritas são originadas por processos agradacionais do ambiente fluvial, associados às atividades de processos lacustres e de áreas com escoamento impedido. As planícies de escoamento impedido não são uma característica apenas do rio Araguaia, pois segundo Iriondo e Suguio (1981) e Latrubesse e Franzinelli (2002), áreas de escoamento impedido em planícies de inundação ocorrem frequentemente associadas a outros grandes rios tropicais da América do Sul.

Segundo Latrubesse e Stevaux (2002), as três unidades identificadas na planície aluvial holocênica do rio Araguaia são: planície de escoamento impedido, planície de paleomeandros e planície de acreção de barras e ilhas (figura 3).

5.1 – Planície de escoamento impedido

A planície de escoamento impedido (Unidade I) é considerada a unidade mais antiga da planície aluvial. É de grande extensão em toda a área mapeada, mas apresenta faixas descontínuas em ambas as margens do canal principal do rio Araguaia. Ocupa a posição mais externa de todas as unidades, e está topograficamente mais baixa em relação às demais unidades. Apresenta superfície plana e deprimida, caracteriza-se pela grande quantidade de áreas pantanosas com lagos arredondados, de vale bloqueado e de canais abandonados drenados por pequenos canais da planície.

O sistema interno de drenagem dessa unidade torna-se ativo apenas no período de inundações devido à precipitação pluvial, saturação freática e pela entrada de pequenos tributários bloqueados, pois destaca-se que essa unidade não recebe influência direta do canal principal. Durante o período de seca, o caudal desses canais é mínimo, e os lagos ficam isolados do sistema principal pelas outras unidades da planície. Reconhece-se que em toda a área prevalecem os processos de acreção vertical de sedimentos finos associados a ambientes sedimentares de baixa energia, onde o processo de deposição é extremamente lento. Segundo Bayer (2002), as estruturas dos depósitos dessa unidade encontram-se totalmente apagadas, devido a intensos processos pós-deposicionais nesse ambiente. Também as mudanças periódicas de condições de umidade contribui com a oxidação dos materiais, além das raízes que causam a deformação das estruturas.



Figura 3: Unidades morfo-sedimentares da planície aluvial do médio Araguaia (Imagem Landsat 5 TM – 1998)

Considerando que, no passado, o rio Araguaia exibia um padrão do tipo meandrante, o sistema de drenagem de seus afluentes que entravam na planície estabelecia conexões diretas com o canal principal. Ao longo do tempo, esses pequenos canais foram sendo bloqueados devido à acresção vertical da planície de meandros. Assim, o bloqueio do sistema de drenagem interno dessa unidade ficou confinada topograficamente em um nível mais baixo em relação à planície do antigo canal. Esse processo, gradativamente evoluiu para formar os atuais sistemas lacustres do rio Araguaia associados a essa unidade, como os lagos do tipo

canal abandonado, canal abandonado encadeado, vale bloqueado e de diques marginais (Morais et al. 2005) (figura 4).

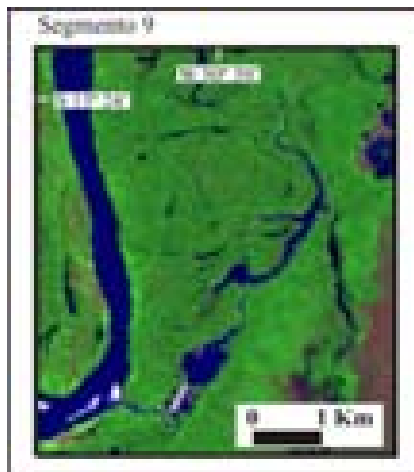


Figura 4: Lago de vale bloqueado associado à unidade I da planície aluvial do médio Araguaia (Imagem Landsat 5 TM – 1998)

5.2 – Planície de Paleomeandros

A planície de paleomeandros (Unidade II) ocupa uma posição intermediária entre a unidade I, descrita anteriormente e a unidade III que será descrita mais adiante, constitui-se na unidade dominante da planície aluvial. Segundo Bayer (2002), seus depósitos caracterizam as morfologias mais elevadas da planície, criando uma divisória entre os depósitos arenosos de alta energia associados ao canal principal e os sedimentos finos de inundação, produto da acreção vertical pela decantação de sedimentos associados à unidade I. A formação da base dos depósitos dessa unidade estão ligados a um ambiente de canal ativo, com estruturas de alta energia compostas por areais grossas e médias. A parte superior é composta por sedimentos finos (silte e argila) evidenciando uma perda gradual nas condições de energia dos fluxos e na capacidade de transporte.

A presença de numerosos complexos de espiras de meandros, sobrepostos e orientados em várias direções, indica uma grande mobilidade lateral do canal associado a fase meandrante e, conseqüentemente, atividades de acreção lateral caracterizadas pelas barras em pontal. Destaca-se que os processos de sedimentação de materiais finos é intenso e se faz notar pela grande quantidade de lagos do tipo oxbows em processo de colmatção ou que já estão totalmente preenchidos por sedimentos.

A migração lateral do canal na fase meandrante do Araguaia conduziu a formação dessa unidade, cujos processos de sedimentação e evolução das morfologias a ela associadas podem ser identificadas como: 1 - migração das curvas de meandros águas abaixo (Kellerhald e Church, 1989) que geram a deposição de barras em pontal formando lineamentos curvos com crestas e depressões. Essas morfologias estão associadas ao desenvolvimento de lagos do tipo espiras de meandro (figura 5a); 2 - abandono de canal por corte de meandros (Kellerhald e Church, 1989) que evoluem para lagos do tipo oxbows, muito frequentes nessa superfície (Figura 5b).

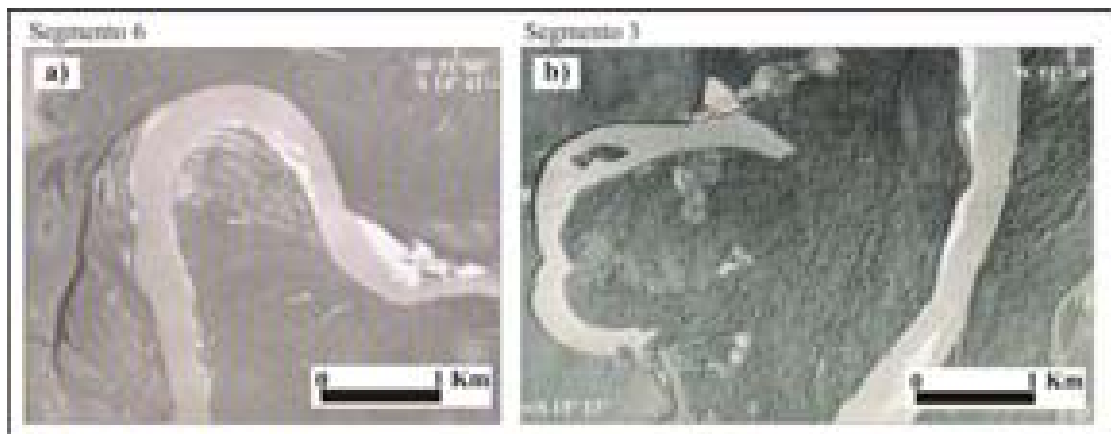


Figura 5: Exemplos de morfologias associadas à unidade de paleomeandros - a) complexo de espiras de meandro, associadas à barra em pontal; b) lago oxbow formados por corte de meandro (fotografias aéreas USAF-1965).

5.3 - Planície e acreção de barras e ilhas

A planície de acreção de barras e ilhas (Unidade III) é mais estreita e acompanha o canal principal ao longo de praticamente toda sua extensão. Essa superfície é periodicamente inundada e reflete as condições atuais de deposição do canal. Barras laterais, barras centrais e ilhas são as principais feições desse canal. A base dos depósitos dessa unidade apresentam características ligadas a um ambiente de canal ativo e de alta energia. A arquitetura interna dos depósitos está associada a processos de acreção lateral, composta principalmente por areias grossas e médias, com intercalações de sedimentos finos. Essas condições assinalam uma sequência grano-decrescente de sedimentos entre a base e o topo (Bayer, 2002).

A distribuição da abundante carga de fundo (areias) que são transportadas pelo Araguaia se depositam nas margens do canal (acreção lateral), dando origem aos depósitos

da planície, seja pela estabilidade das barras, ou pelas ilhas que se anexam à planície devido ao assoreamento de canais secundários (figura 6).

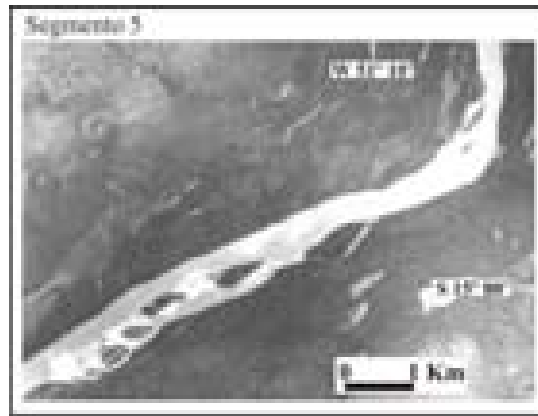


Figura 6: Processo de anexação de ilhas por assoreamento de canais secundários. Esses processos estão associados à formação da unidade III da planície aluvial do médio Araguaia.

6 – DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE BARRAS E ILHAS E SEUS MECANISMOS DE ACRESÇÃO À PLANÍCIE ALUVIAL ASSOCIADAS À UNIDADE III

A definição mais apropriada para distinguir barras de canal e ilhas foi feita por Brice (1964), baseado na identificação das mesmas por Leopold e Wolman (1957). Barras são definidas como morfologias dinâmicas, sem vegetação e que submergem quando o canal atinge o nível de margens plenas. Ilhas são feições mais estáveis, cobertas por vegetação e que permanecem emersas durante o estágio de margens plenas do canal.

Diversos tipos de barras têm sido identificados na literatura e por vezes provocando confusão de terminologias. Pode-se destacar entre as mais importantes classificações as de Brice, (1964), Kellerhald e Church (1976), Miall (1977, 1985), Lewin (1978), Church e Jones (1982). Esses trabalhos serviram para definir a tipologias de barras descritas no rio Araguaia.

No médio rio Araguaia foi definido, portanto, quatro tipologias de barras: lateral, central, pontal e soldamento (barras anexadas às ilhas). Tais tipos apresentam também variações sedimentológicas na granulometria e arquitetura dos depósitos que refletem sua posição no canal (figura 7). As análises granulométricas dos sedimentos encontram-se em anexo.

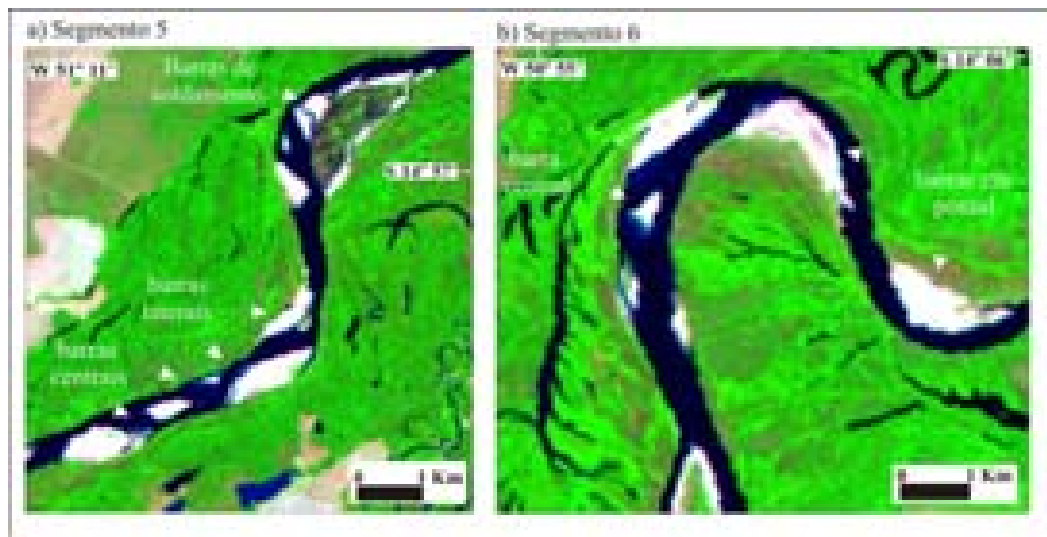


Figura 7: Exemplos das quatro tipologias de barras do Médio Rio Araguaia: a) barras laterais, barras de soldamento e barras centrais; b) barras em pontal (Imagem Landsat 5 TM de 1998).

6.1 – As Barras de canal do Médio Araguaia

6.1.1 – Barras Laterais

As barras laterais desenvolvem-se junto às margens do canal devido à diminuição da energia do fluxo, podendo estar associadas a condicionantes geomorfológicos do canal, gerando zonas de sombra (Santos et al. 1992) ou devido a elevações do leito (pools e riffles) que tendem a produzir talvegues sinuosos e conseqüentemente a deposição de sedimentos nas margens do canal (Thorne, 1997).

A análise das imagens de satélite revelam que as barras laterais formam faixas estreitas e alongadas paralelas ao canal. Suas dimensões variam de dezenas a centenas de metros de extensão. Os processos erosivos podem atuar nas margens do canal removendo-as, ou seguir com processo de acreção lateral, podendo se fundir a outras formando barras alongadas. O processo de anexação de barras as margens do canal do Araguaia é muito intenso, contribuindo para a formação da unidade III.

Em campo, identificou-se que as barras laterais apresentam topografia plana, com suaves ondulações. A declividade das margens em direção ao nível da lâmina d'água do canal variam entre 0 e 40°. Apresentam estruturas sedimentares planares, e a análise das amostras de sedimentos $d(50)$ variam entre 0,183 a 0,221 mm, correspondendo a areia fina.

6.1.2 – Barras em Pontal

As barras em pontal podem ser consideradas um sub-tipo das barras laterais, são características de canais meandriformes. No médio Araguaia estão associadas a pontos de inflexão, e em trechos meândricos, formando depósitos localizados nas margens côncavas das curvas do canal. Bayer (2002) realizou a descrição de uma destas barras revelando que no extremo de montante da barra em relação ao fluxo, caracteriza-se pela acumulação de sedimentos grossos como areias médias a grossas e presença de seixos.

Duas amostras recolhidas em campo dessas morfologias revelam que sua granulometria (d50) varia de 0,368 a 0,471 mm, ou seja, areias médias.

6.1.3 – Barras de Soldamento

As barras de soldamento (anexadas à ilhas) são muito frequentes no rio Araguaia, podem estar anexadas às ilhas nas partes laterais, como a montante ou jusante das mesmas. Sua gênese está ligada à formação de “zonas de sombra”, onde a velocidade da corrente é menor ocasionada pela barragem de sedimentos que as ilhas fazem ao fluxo principal (Santos et al., 1992).

No rio Araguaia, verifica-se que, além das “zonas de sombras” das ilhas, essas barras podem estar associadas a “zonas de sombra” produzidas pela configuração da margem do canal. Barras centrais próximas às ilhas, também podem evoluir para barras de soldamento. Duas das amostras coletadas em campo dessas morfologias apresentaram resultados granulométricos (d50) variando entre 0,370 a 0,385 (areia média).

Apresentam topografia ondulada e estruturas planas com poucos níveis de definição. Sua incorporação à planície está ligada aos processos que conduzem a anexação de ilhas, que será descrita mais adiante.

6.1.4 – Barras Centrais

As barras centrais são morfologias arenosas que se formam no centro dos canais principais. As análises nas imagens de satélite revelam que no rio Araguaia, essas morfologias têm formas lozangulares em sua grande maioria e apresentam alta instabilidade, podendo migrar a jusante ou serem totalmente erodidas entre um ano hidrológico e outro.

Seus depósitos podem alcançar espessuras de até 3,80m definido como o limite de barfull, ou encobrimento de barras, na estação fluviométrica de Aruanã. Em trabalho de

campo realizado com a cota do canal 1,79m foi possível observar a complexa arquitetura aflorante desses depósitos emersos até 1,23m apresentando diversos níveis de estratificação cruzada planar, estratificação interna cruzada, plano-paralelas, superposições de sequência de ripples, laminações intercaladas de sedimentos finos (silte, argila) e matéria orgânica (figura 8a).

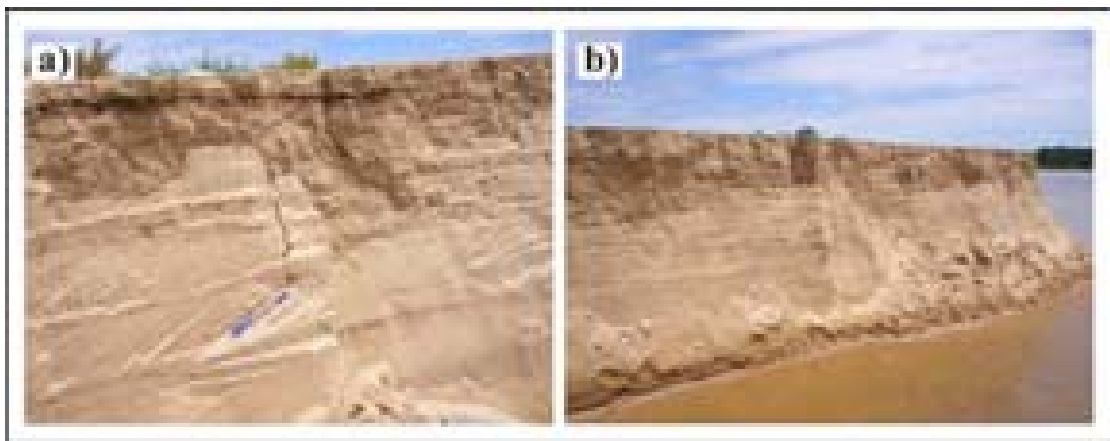


Figura 8: Barras centrais - a) níveis de estratificação sedimentar de uma barra central (estrutura cruzada, planar e marcas de ripples; b) barra central típica do rio Araguaia, mostrando o corte abrupto de sua borda com o canal (Segmento 5).

Verificou-se na parte superior de algumas barras centrais, estruturas lenticulares de areia fina, silte e argila. O que indica que a variação no nível da água e a energia do fluxo conduz, a deposição de sedimentos grosseiros na base por acreção lateral, e no topo prevalece a acreção vertical de silte e argila. As barras centrais apresentam também cortes erosivos abruptos onde o contato entre as bordas da barra e o canal atingem inclinação superiores a 45°, chegando a 90° (figura 8b).

A granulometria dessas barras varia de 0,368 a 0,497 mm, podendo assim variar entre areia média e grossa. A evolução morfológica dessas barras está ligada as feições deposicionais mais estáveis do canal fluvial, as ilhas. Portanto, sua anexação à planície está associada principalmente ao desenvolvimento de ilhas.

6.2 – As Ilhas

As ilhas do rio Araguaia se formam basicamente por três processos: avulsão do canal pela planície, sedimentação no canal e soldamento de ilhas. As ilhas que se formam por processos de avulsão do canal pela planície são, em geral, ilhas de grandes dimensões, cujas morfologias são muito diferentes da grande maioria das ilhas típicas do canal. Essas ilhas são pouco frequentes no canal, num total de 11 ilhas e estão localizadas em alguns segmentos específicos, mais precisamente nos segmentos 3, 6, 7, 9 e 10. Sua origem, assim como sua composição sedimentológica está associado às planícies de escoamento impedido e à planície de paleomeandros, visto que, suas posições no canal estão condicionados a trechos do rio que limitam contato direto com unidades da planície aluvial I ou II. Como já foi descrito anteriormente, existe uma grande quantidade de lagos nessas duas unidades, principalmente do tipo canal abandonado. Isso significa que a avulsão do canal principal pela planície ocasiona a captura desses lagos, isolando grandes áreas de planície aluvial que passam a assumir feições de ilhas de canal (figura 9).

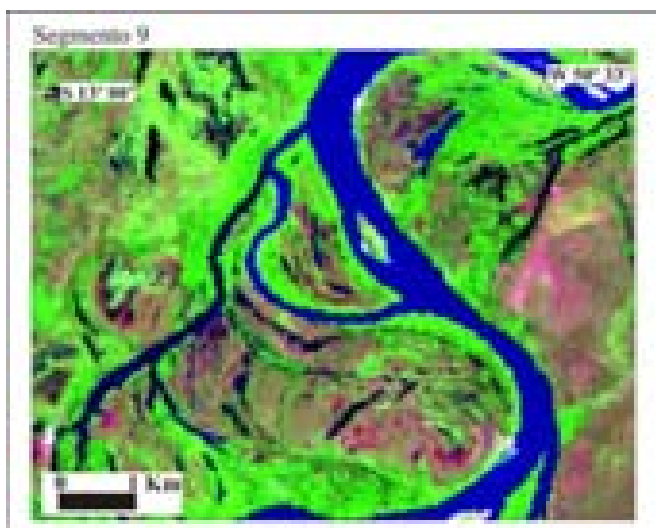


Figura 9: Exemplo de ilha grande formada por avulsão do canal pela planície aluvial de paleomeandros (Imagem Landsat 5 TM de 1998).

Carvalho (2005) analisou amostras de carga de fundo em duas seções do canal secundário que formam a Ilha do Varal (entrada e saída), exemplo de uma dessas ilhas grandes (figura 9). As amostras foram obtidas junto às margens esquerda, direita e meio do canal secundário. Os resultados indicaram concentrações elevadas de sedimentos finos (silte

e argila), alcançando valores de até 74,71% desses materiais. O que demonstra que esses braços de canais cortam unidades antigas de sedimentação associadas a ambientes de baixa energia composta por sedimentos argilosos, siltosos e areia fina.

As ilhas que se formam por sedimentação no canal do rio Araguaia, evoluem pela estabilização das barras centrais. Suas origens estão associadas a grandes depósitos de areia como dunas e megaondulas e seu desenvolvimento como ilha tem relação com os processos de acreção lateral (carga arenosa) e acreção vertical pela deposição de sedimentos finos (silte e argila) nas camadas superiores (figura 10). A deposição de sedimentos finos contribui para aumentar sua estabilidade, permitindo o rápido desenvolvimento da vegetação.

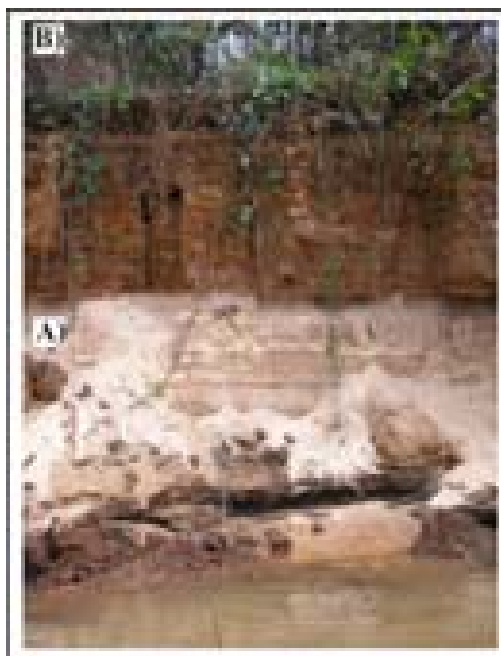


Figura 10: Ilha Pirapitinga, localizada no segmento 5 do canal do Médio Araguaia - a) depósito de base arenosa (antiga barra central); b) depósito superior de sedimentos finos (silte e argila), processo de acreção vertical.

O processo de soldamento de ilhas na verdade não pode ser considerado como mecanismo de formação, tendo em vista que as ilhas já estão formadas. O que ocorre é a anexação de uma ou mais ilhas em torno de um núcleo estável de uma outra ilha. A proximidade com que algumas ilhas se formam, pode gerar “zonas de sombra”, provocando a sedimentação entre os canais que as separam. O processo evolui para o soldamento das ilhas, cujo resultado é uma ilha de maior representatividade espacial (figura 11).

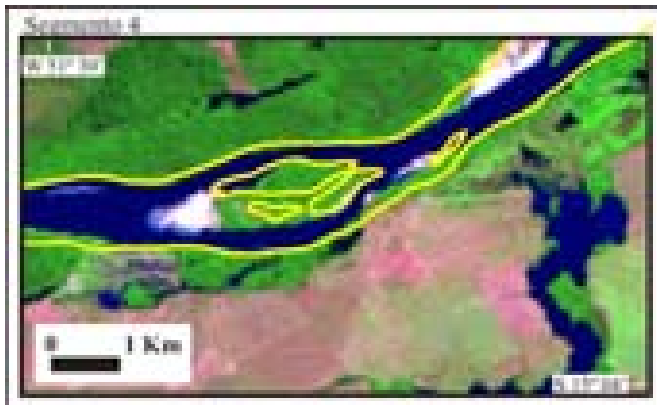


Figura 11: Exemplo de ilha nova, cujo núcleo de ilha residual foi envolvido por sedimentos, anexando outras ilhas. A linha amarela indica a posição do canal em 1965 (Imagem Landsat 5 TM de 1998).

As ilhas podem ser anexadas à planície aluvial por assoreamento de canais de 2º e 3º ordem. Essa hierarquia de canais em rios entrelaçados foi sugerida por Willian e Rust (1969 apud Bristow e Best, 1993), sendo o canal principal o de 1º ordem, os de 2º ordem se formam pela presença de ilhas que dividem o fluxo em dois canais, e os de 3º ordem são canais que se formam pelo desenvolvimento de barras e ilhas dentro dos canais de 2º ordem.

Considerando que o rio Araguaia é um canal de leito móvel com abundante carga de fundo, o deslocamento lateral das barras podem se dar em direção a esses canais menores, causando seu assoreamento (ver figura 6).

As análises granulométricas, dos sedimentos que preenchem esses canais, variaram de areia média a areia grossa, com valores de granulometria entre 0,362 a 0,624 mm.

7 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS UNIDADES MORFO-SEDIMENTARES DA PLANÍCIE ALUVIAL DO ARAGUAIA

As unidades da planície foram digitalizadas no programa SPRING. Com isso, obteve-se os valores areais e sua distribuição total por unidades que integram a área de estudo no médio rio Araguaia. A tabela 1 traz a distribuição areal de cada unidade e sua correspondência percentual do total da planície.

Tabela 1: Distribuição areal e percentual das unidades morfo-sedimentares da planície aluvial do médio rio Araguaia entre Barra do Garças (MT) e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia, próximo à Ilha do Bananal.

Unidades da Planície	Área (km ²)	%
Unidade I – Escoamento impedido	836,88	39,72%
Unidade II – Paleomeandros	981,97	46,61%
Unidade III – Barras e ilhas acrescidas	166,35	7,89%
Lagos	121,68	5,78%
Total	2106,88	100%

Fonte: autor

Os dados distribuídos na tabela 1 revelam que a planície aluvial do rio Araguaia, ao longo de quase 580km de extensão, distribui-se por 2.106,88 km² de área. A unidade II é a de maior representatividade areal, ocupando cerca 46,61% da área da planície aluvial, seguida pela unidade I, cerca de 39,72% da área, e por último, a unidade III representada por pouco mais de 7% da área total da planície. Nota-se, também, que os sistemas lacustres ocupam um considerável percentual de área nessa superfície, superior a 5%.

Deve-se destacar que as unidades da planície não seguem um padrão regular de distribuição ao longo do canal. Verificou-se que, em alguns segmentos do canal, algumas unidades podem apresentar dimensões bastante reduzidas, terem sido erodidas pelo processo de migração lateral do canal ou mesmo não existirem. Essa variação areal pode ser observada na tabela 2, onde cada unidade da planície está quantificada em função dos dez segmentos em que o canal é dividido.

Os dados demonstram que em alguns segmentos há um maior desenvolvimento de uma das unidades da planície, em detrimento de outros trechos, como já foi discutido anteriormente. Já os segmentos 1 e 2, por exemplo, são os que apresentam as menores áreas de planície aluvial, isto porque estão encaixados em rochas cristalinas e condicionados por lineamentos estruturais, dificultando o desenvolvimento da planície aluvial (figura 12).

A partir do segmento 3, tem início a bacia sedimentar do Bananal, uma área de sedimentos quaternários que ocupa cerca de 23% da área de toda a bacia (Latrubesse et al., 1999; Latrubesse e Stevaux, 2002). A natureza do substrato geológico possibilita, portanto, um bom desenvolvimento da planície aluvial, como pode ser observado na tabela 2 entre os segmentos 3 e 9.

Tabela 2: Distribuição areal e percentual das unidades morfosedimentares da planície aluvial do médio rio Araguaia entre Barra do Garças (MT) e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia, próximo à Ilha do Bananal.

Segmento	Extensão (km)	Área (km ²)	% do total	Unidade I		Unidade II		Unidade III		Lagos	
				Área (Km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
1	49	14,46	0,69	0	0	0	0	14,08	97,37	0,38	2,63
2	40	44,70	2,12	8,38	18,74	21,95	49,11	12,22	27,33	2,15	4,82
3	58,5	224,51	10,66	47,45	21,14	148,92	66,33	16,90	7,53	11,24	5
4	55	148,05	7,03	46,36	31,31	76,59	51,73	14,35	9,69	10,75	7,27
5	75	285,01	13,53	127,75	44,82	110,50	38,77	31,80	11,16	14,96	5,25
6	56,5	237,73	11,28	161,74	68,04	36,66	15,42	25,57	10,75	13,76	5,79
7	57	303,19	14,39	186,91	61,64	84,67	27,93	15,80	5,21	15,81	5,21
8	71,5	383,89	18,22	89,76	23,38	262,06	68,26	13,45	3,50	18,62	4,86
9	59	379,63	18,02	156,94	41,34	181,65	47,85	13,08	3,44	27,96	7,37
10	58,5	85,68	4,06	11,59	13,53	58,94	68,79	9,10	10,62	6,05	7,06
Total	579,5	2106,88	100	836,88	39,72	981,97	46,61	166,35	7,89	121,68	5,78

Fonte: autor.

De acordo com a tabela 2, a planície de escoamento impedido (Unidade I) ocupa área superior nos segmentos 5, 6 e 7 em relação às demais unidades. No segmento 4 e 9 ela não supera a unidade II, mas tem uma distribuição areal muito significativa.

A planície de paleomeandros (Unidade II) é dominante nos segmentos 2, 3, 4, 8, 9 e 10. O que significa que o bom desenvolvimento dessa unidade nesses setores, caracteriza as áreas de maior atividade do canal na fase meandrante. Contudo, fazendo uma análise mais detalhada, entre essa unidade e a unidade I, verificamos que os segmentos 4 e 9 apresentam diferenças areais muito pequenas. Pode-se dizer que nesses dois segmentos de canal, as duas unidades I e II estão melhor distribuídas. Uma outra observação revela que a área da planície de paleomeandros distribuída nos segmentos 2 e 10 é muito inferior às áreas dos demais segmentos. Nesse sentido, esses dois segmentos não desempenham uma importância representativa, por exemplo, na caracterização morfo-sedimentar da unidade II.

A planície de acreção de barras e ilhas apresenta valores areais muito pequenos quando comparados às outras unidades (tabela 2). Os segmentos 3, 7, 8 e 9 são os de menor representatividade areal em relação às áreas de suas respectivas planícies, variando entre 3% e 7% aproximadamente. Nos segmentos 4, 5, 6 e 10, a distribuição é relativamente homogênea. Nos segmentos 1 e 2, esses valores são bastante elevados, isso porque o desenvolvimento de

suas planícies aluviais estão associados principalmente à acresção de barras de canal e a formação dessa unidade, especificamente, lembrando que esses segmentos de canal são condicionados por estruturas tectônicas.

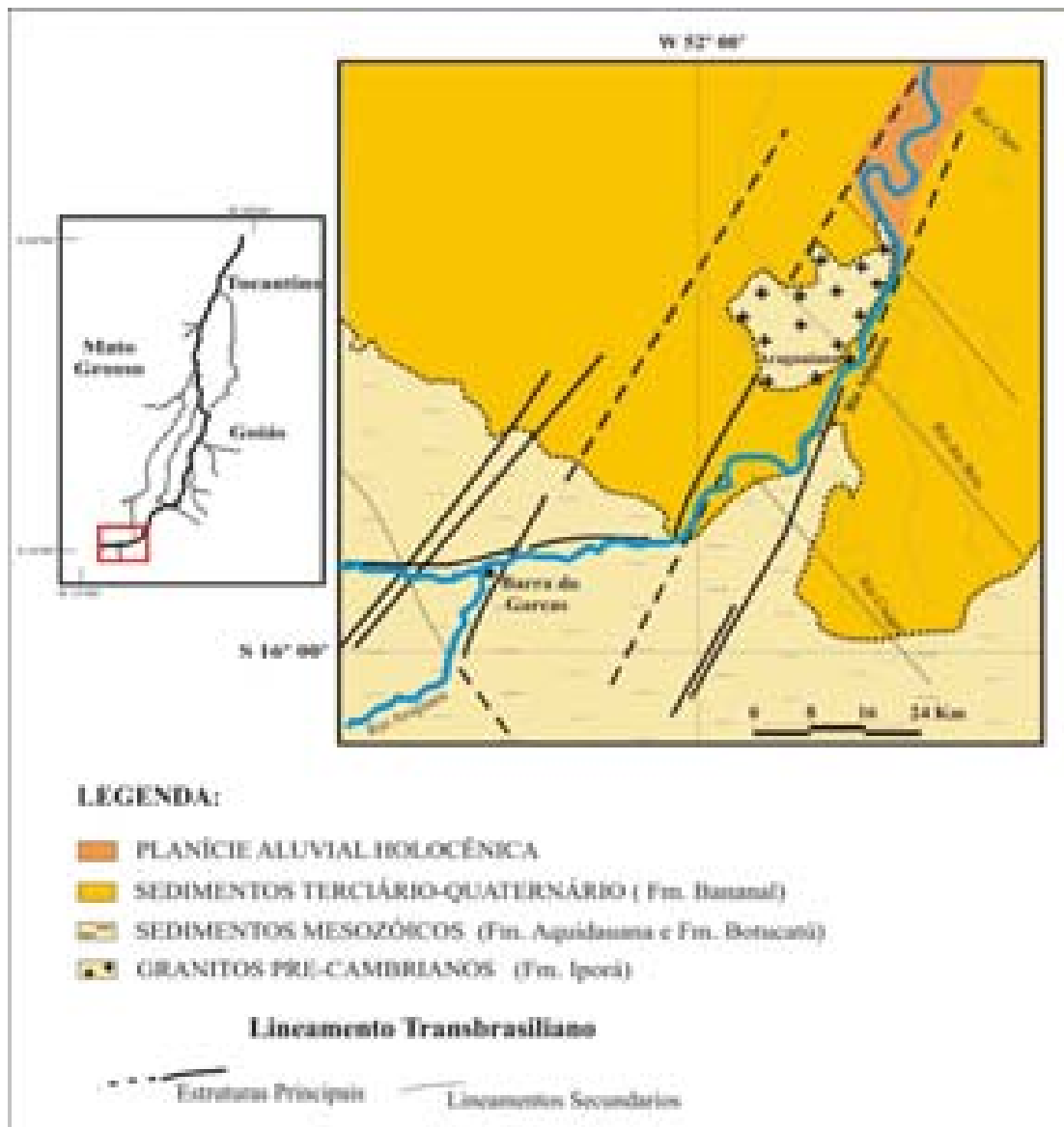


Figura 12: Mapa de controles estruturais onde se localizam os segmentos 1 e 2 do canal do rio Araguaia (Morais, 2002).

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com o mapeamento da planície aluvial do médio Araguaia permitiram interpretar as unidades que o compõe, do ponto de vista unificador para caracterizar morfologicamente sua distribuição espacial, em toda a área de estudo.

A planície aluvial do médio Araguaia é composta por três unidades morfo-sedimentares: planície de escoamento impedido (I), planície de paleomeandros (II) e planície de acreção de barras e ilhas (III). Seu período de formação é de idade quaternária. Cada unidade, em função de seu ambiente de formação, apresenta determinadas composições sedimentológicas, que caracterizam a arquitetura interna de seus depósitos.

A distribuição espacial das unidades se posicionam localizadas em ambas as margens do canal, mas nem sempre apresentam faixas contínuas, revelando uma irregularidade espacial. Hierarquicamente, em função da influência direta do canal, pode-se considerar que a unidade I seja a mais externa das planícies, a unidade II intermediária e a unidade III associada diretamente ao canal. Contudo, deve-se ressaltar que em determinados segmentos, algumas unidades não existem ou foram erodidas e o canal encontra-se fluindo, cortando ou encostado nas suas bordas internas.

A unidade III, por estar associada diretamente ao canal fluvial, é onde se pode observar mais claramente a evolução por acreção lateral, anexando barras de canal e ilhas pelo assoreamento dos canais de 2º e 3º ordem.

Apesar da posição mais externa da unidade I em determinadas áreas, o canal corta essa unidade, fluindo no contato de suas margens. Verifica-se em alguns desses trechos uma correspondência com ilhas de grandes dimensões. Ao longo de toda extensão do canal, são 11 ilhas nessas condições, onde se observou que sua origem está associada à avulsão do canal pelas unidades I e II, capturando lagos de canal abandonado ou encadeado, promovendo o isolamento de grandes áreas da planície que passam a desempenhar a função de ilhas no canal.

Quanto à distribuição areal das unidades da planície, pode-se considerar que a planície de paleomeandros seja a mais extensa, seguida pela planície de escoamento impedido e finalmente a planície de acreção de barras e ilhas. A essas unidades morfo-sedimentares se desenvolve um complexo sistema de lagos com uma boa representatividade areal.

A distribuição das unidades da planície, em função dos segmentos são bastante diferenciadas. Em todos os segmentos, com exceção do segmento 10, a porcentagem de área ocupada pelas unidades I e II juntas está entre 82% e 91%. Em apenas 3 segmentos (5, 6 e 7),

a unidade I é dominante sobre as demais. No restante, com exceção do segmento 1, sobressai-se a unidade II.

Destaca-se ainda que os objetivos desse mapeamento e distribuição areal das unidades da planície aluvial do Araguaia foram além dos propósitos deste trabalho. Visto que essas informações vieram a integrar uma das categorias geomorfológicas do Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás e Distrito Federal (Latrubesse et al., 2005). Sua importância reside ainda no fato de servir como base de informação e espacialização de dados ligados a estudos de ecologia e na tomada de decisões no manejo e gestão de áreas úmidas.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho**. 2002. p.138. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

BRINSTOW, C.S.; BEST, J.L. **Braided Rivers**. Geological Society Especial Publication No75. The Geological Society, London, p.1-11. 1993.

BRICE, J.C. **Channel patterns and terraces of the Loup Rivers in Nebraska**. USGS Professional Paper 422-D. Washington: US Government Printing Office. 1964.

CARVALHO, M.T. **Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macrogeomorfológicas: o Caso da Bacia Hidrográfica do Araguaia**. Exame de Qualificação. (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2004.

CHURCH, M. Channel morphology and Typology. In: (G. Petts and P. Calow, eds.) **River Flows and Channel Forms**. Blackwell Science, London, p.185-202. 1996

CHURCH, M.; JONES, D. Channel bars in gravel-bed rivers. In Hey, R.D., Bathurst, J.C.; Thorne, C.R. (eds). **Gravel bed rivers**. Chichester, Wiley, p.291-338. 1982.

DRAGO, E. C. **Origen y clasificación de ambientes lentícos en llanuras aluviales**. Rev. Assoc. Cienc. Nat. Lit. n.7, p.123-137, 1976.

DURY, G. H. Magnitude-frequency analysis and channel morphometry. In Morisawa, M., (ed). **Fluvial Geomorphology**. Boston, Allen and Unwin, p. 91-112. 1973.

FRANÇA, A. M. **Ordenamento geomorfológicos dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Araguaia**. 2002. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2002. 49p.

FRANÇA, A. M.; LATRUBESSE, E. M. **Ordenamento dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Araguaia: uma proposta preliminar**. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 9.; 2001, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2001. p. 108-109.

IRIONDO, M .; SUGUIO, K. **Neotectonic of the Amazon plain**. Bulletin INQUA. Neotectonic Commission, v.4, p.72-78.1998.

JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., SPARKS, R.E. **The Flood Pulse Concept in River-Floodplain-Systems**. Fish. Aquat. Science. v106, p. 110-127. 1989.

JUNK, W.J.; FURCH, K.A.; **A general review of tropical South American floodplains**. Wetlands Ecol. Manag., Dordrecht, v.2, p.231-238.1993.

KELLERHALS R. and CHURCH, M. The morphology of large rivers: characterization and management. In Dodge, P. (ed.). **Proceedings of the Large Rivers Symposium**. Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, v.106, p.31-48. 1989.

KELLERHALS, R., M. CHURCH, and D. L. Bray. **Classification and analysis of river processes**. Journal of Hydraulics Division Proceedings. American Society of Civil Engineers, v.102. 1976.

LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J. C.; BAYER, M.; PRADO, R. **The Araguaia-Tocantins fluvial basin**. In: International Symposium of Geomorphology and paleohydrology of large rivers-GLOCOPH/IAG. Goiânia: Editora da UFG, p. 148-151. 1999.

LATRUBESSE, E.M; STEVAUX J.C. **Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil**. Z.Geomorph.N.F. Berlin, Suppl.-Bd.129, p.109-127, 2002.

LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI, E. The Holocene alluvial plaino of the middle Amazon river, Brazil. **Geomorphology**. v.44, p.241-257.2002.

LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M.; STEVAUX, J.C. **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal**. Superintendência de Geologia e Mineração – Governo de Goiás, Goiânia – GO. 1:250000. 2005.

LEOPOLD, L. e WOLMAN, M. **River channel patern, braided, meandering and straight**. U. S. Geological Survey, 282p, 1957.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial process in geomorphology**. San Francisco: H.W.Freeman. 1964.

LEWIN, J. Floodplain construction and erosion. In Petts, G. Calow, P. (eds), **River Flows and Channel Forms**. Blackwell Science, p.220.1996.

LEWIN, J. **Meander development and floodplain sedimentation: a case study from mid-Wales**. Geol. J., v.13, p.25-36. 1978.

MIALL, A.D. **A review of the braided-river depositional environment**. Earth-Science Reviews, v.13, p.1-62.1977.

MIALL, A.D. **Principles of Sedimentary. Basin Analysis**. Springer-Verlag. p. 490. 1985.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (Mt) e a foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no período das décadas de 60 e 90**. 2002. 176 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

MORAIS, R.P. OLIVEIRA, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; PINHEIRO, R.C. **Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia**. Acta Sci. Biol, Sci., v.27, p.203-213.2005.

NANSON, G.C.; CROKE, J.C. A genetic classifications of Floodplains. **Geomorphology**, Amsterdam, v4, p.459-486. Elsevier 1992.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IBGE. p. 23-34.1989.

SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q. e STEVAUX, J. C. **Aspectos morfo genéticos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR**. Boletim de Geografia – UEM, 10 (1), p.11-24. 1992.

THORNE, C. R. ; HEY, R.D.; NEWSON, M.D. **Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management**. John Wiley & Sons Ltd, 1997. cap.7, p.176-220.

TIMMS, B. V. **Lakes Geomorphology**. Austrália: Gleneagles Agency, 1992

ARTIGO 2

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA E SEMI-QUANTITATIVA DAS VARIÁVEIS
MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS DO RIO ARAGUAIA**

AVALIAÇÃO QUALITATIVA E SEMI-QUANTITATIVA DAS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS DO RIO ARAGUAIA

RESUMO

O rio Araguaia é um grande rio aluvial, definido como um padrão do tipo anabranching com tendência ao entrelaçamento. As barras de canal e as ilhas são as principais feições morfológicas que caracterizam esse canal. Entre os anos de 1965 e 1998 identificou-se que esses elementos morfológicos sofreram grandes variações em número e área. O objetivo desse estudo foi a obtenção de dados morfométricos e morfológicos qualitativos e semi-quantitativos, visando comparar o registro fluvial de suas morfologias nos anos de 1965, 1975 e 1998, identificando e determinando as mudanças de suas feições morfológicas. Utilizou-se fotografias aéreas, cartas planialtimétricas referentes ao ano de 1965, imagens de satélite Landsat 1 MSS de 1975 e Landsat 5 TM de 1998. Constatou-se que entre 1965 e 1975 poucas mudanças morfológicas ocorreram no canal fluvial. A partir deste período até 1998, houve uma tendência de diminuição de ilhas associadas aos processos de erosão, anexação à planície aluvial e anexação de ilhas a outras ilhas. A quantidade de ilhas no canal do médio Araguaia no ano de 1965 era de 209, no ano de 1998 foram identificadas 137 ilhas. As ilhas desse canal são divididas em quatro categorias em função de suas dimensões, muito pequenas, pequenas, médias e grandes. Os processos erosivos e sedimentares atuam fazendo desaparecer principalmente as ilhas muito pequenas e ilhas pequenas. As ilhas médias são intensamente retrabalhadas por esses processos, enquanto as grandes são praticamente estáveis. As barras laterais eram as geoformas dominantes no canal do ano de 1965, a partir de 1975, há uma diminuição gradativa dessas morfologias e um aumento significativo de barras centrais. Essas mudanças alteraram também o entrelaçamento do canal, provocando aumento dos índices de entrelaçamento das barras centrais e a perda de entrelaçamento de ilhas. Constatou-se que, mudanças dessas magnitudes em canais fluviais onde não existem modificações diretas como, represamento do canal, só podem ser atribuídas a modificações indiretas como mudanças no uso da terra na área da bacia.

Palavras chaves: Rio Araguaia, dados semi-quantitativos, barras de canal, ilhas.

ABSTRACT

The Araguaia river is a great alluvial river defined as a pattern of the anabranching type with braided tendencies. The channel bars and the islands are the main morphologic features to characterize this channel. Between the years of 1965 and 1998, it was identified that these morphologic elements had suffered great variations in number and area. The purpose of this study was to obtain qualitative and quantitative morphometric and morphologic data, aiming the comparison of the fluvial register of its morphologies in the years of 1965, 1975 and 1998, identifying and determining the changes of its morphologic features. Air photographs and topographic charts from 1965, Landsat 1 MSS satellite images from 1975 and 5 TM Landsat from 1998 were used. The result, between 1965 and 1975, few morphological changes occurred in the fluvial channel. Until 1998, it happened a tendency of reduction of the islands associated to the processes of erosion, accreted islands to alluvial plain and accreted islands to other islands. The amount of islands in the channel of the middle Araguaia in the year of 1965 was of 209. In 1998, 137 islands were identified. The islands of this channel are divided in four categories, according to its dimensions, very small, small, medium and big islands. The erosive and sedimentary processes act vanishing especially the very small and small islands. The medium islands have a intensify rebuilt by these processes, while the big ones remain practically steady. The lateral bars were the dominant geoforms in this channel in 1965. After 1975, a gradual reduction and a significant increase of central bars occurred. These changes had also modified the braided of the channel, increasing the braidede index of the central bars and decreasing the braided of islands. It has certified that changes of these magnitudes in fluvial channels, where direct modifications do not exist such as the damming of the channel, can only be attributed to indirect modifications like changes in the land use in the area of the basin.

Key words: Araguaia river, quantitative data, channel bars, islands.

1 – INTRODUÇÃO

Estudos conduzidos no médio rio Araguaia diagnosticaram que o rio iniciou uma intensa atividade de mudanças no seu canal fluvial entre os anos de 1965 e 1997, que sugeriam uma rápida resposta fluvial ao desmatamento e mudanças do uso da terra na área da bacia do médio Araguaia, desde o início da década de 1970 (Morais, 2002)

A rápida resposta do Araguaia chamou atenção pela sua velocidade em relação a curta escala temporal abordada. As mudanças no sistema ocorrem em várias escalas temporais e se considera a planície aluvial como um sistema físico construído pelo registro de sua história.

Durante curtos períodos de tempo, anos ou décadas, os canais fluviais depositam sedimentos no seu leito e ao longo de suas margens. Esses sedimentos podem permanecer armazenados no sistema formando depósitos de canais, como ilhas e barras, ou serem remobilizados, caso haja mudanças nas condições de fluxo e na descarga de sedimentos no sistema fluvial.

Em função da sua morfologia em planta e depósitos associados, os canais aluviais são individualmente classificados e subdivididos como padrões de canais únicos: retilíneo e meândrico, e padrão multi-canal do tipo entrelaçado (Leopold e Wolman, 1957) e anastomosado Rust (1978), Latrubesse e Franzinelli (2005). O canal do Médio Rio Araguaia pode ser classificado como um rio do tipo anabranching de baixo índice de entrelaçamento e sinuosidade. Barras de canal e ilhas são as principais morfologias que caracterizam o seu padrão.

A divisão do fluxo em multi-canais está associado ao desenvolvimento de barras centrais e ilhas, elementos esses, de fundamental importância para analisar os canais entrelaçados (Leopold e Wolman, 1957; Thorne et al., 1993; Ferguson, 1993; Ashworth, 1996; Hooke, 1997). Considerando o padrão entrelaçado do canal do Araguaia, o objetivo deste estudo foi a obtenção de dados morfométricos e morfológicos qualitativos e semi-quantitativos, visando comparar o registro fluvial de suas morfologias (Ilhas e barras) entre os anos de 1965, 1975 e 1998, buscando identificar e determinar mudanças ao longo desse período.

2 - ÁREA DE ESTUDO

O Araguaia é um rio aluvial que tem cerca de 2.110 km de extensão. Sua bacia tem uma área de 380.000 km² com vazão média de 6.420 m³/s. O clima na área da bacia é do tipo continental tropical úmido (Cw) na classificação de Köppen com temperatura média anual de 22° C e precipitação média entre 1300 mm a 1800mm (Nimer, 1989).

O canal do Araguaia é dividido em três unidades: alto Araguaia com extensão de 450 km de canal, drena áreas de rochas cristalinas pré-cambrianas, rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná. O médio Araguaia com 1.160 km de extensão caracteriza-se pelo desenvolvimento de sua planície aluvial formada por sedimentos Cenozóicos terciários e quaternários. O baixo Araguaia, com 500 km de extensão, não desenvolve planície aluvial, drenando rochas cristalinas pré-cambrianas do Escudo Brasileiro (Latrubesse e Stevaux, 2002).

A área de estudo está inserida no médio Araguaia e tem uma extensão de aproximadamente 580 km. O canal nesse trecho está dividido em 10 segmentos de canal (Morais, 2002) localizados entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia próximo à Ilha do Bananal (figura 1).

3 – METODOLOGIA

3.1 – Definição dos dados temporais

O levantamento de alguns parâmetros morfométricos do canal do médio Araguaia como sinuosidade, quantidade de ilhas e barras e canais assoreados entre os anos de 1965 e 1997 foram obtidos por Morais (2002). Nesse trabalho identificou-se variações morfométricas nas barras e ilhas que davam indícios de mudanças no comportamento morfológico do canal, desencadeados por processos de erosão e sedimentação.

Foram utilizadas cartas planialtimétricas do IBGE/DSG, como fonte de informações do canal de 1965 e imagens de satélite Landsat 5 TM do ano de 1997. Ambos os produtos na escala de 1:100000. Tentou-se também usar os mosaicos de Radar do Projeto RADAMBRASIL de 1976, mas foram descartados devido à incompatibilidade de escalas. Contudo, verificou-se com esta tentativa, que entre os anos de 1965 e 1976, o canal do médio

Araguaia apresentava uma relativa estabilidade, principalmente relacionados à migração lateral das margens.

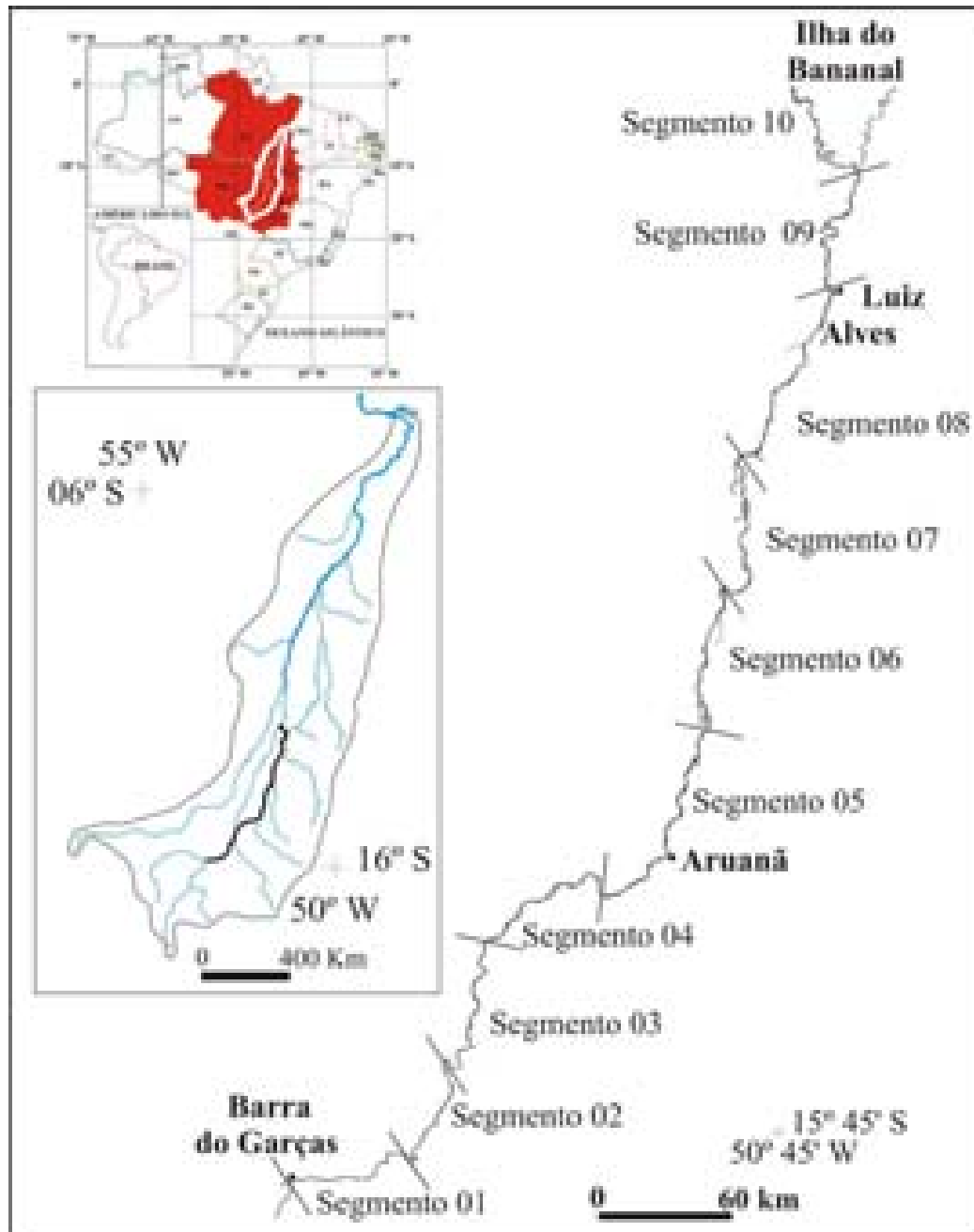


Figura 1: Localização da área de estudo

Tendo em vista os objetivos deste estudo em analisar o comportamento das ilhas e barras do canal, surgiu a necessidade de calibrar as imagens de satélites com as cotas do canal, referentes às datas de imageamento das mesmas. Esse procedimento serve para minimizar os efeitos do nível do canal sobre as barras, que se encontram em cotas muito inferior em relação às ilhas. Cotas elevadas do canal poderiam mascarar a real quantidade de sedimentos. E a área dessas morfologias são um dos principais parâmetros de análise indireta da quantidade de sedimentos distribuídos no leito do canal.

Utilizando o programa HIDRO da ANA (Agência Nacional de Águas), foram obtidas as cotas do canal, de acordo com as datas de imageamento da área pelo satélite Landsat 5 TM. O cálculo da cota média do período fixou um valor de 1,64m. O canal mapeado a partir das imagens de satélite do ano de 1997 alcançava a cota de 2,63m, ou seja, extremamente elevada em relação à média histórica (considerando que este ano foi marcado por grandes enchentes). Esses dados foram então descartados, pois muitas barras estavam submersas.

Para complementar a série histórica, optou-se em usar as imagens Landsat 5 TM do ano de 1998 e realizar um novo mapeamento do canal, cuja cota era de 1,65m equivalente à média do período analisado. O desvio padrão do período histórico foi de 0,38.

Para demonstrar que na década de 1970 o canal do médio Araguaia não era afetado por processos acelerados de erosão e sedimentação, utilizou-se imagens Landsat 1 MSS do ano de 1975, disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Esse mapeamento permitiu dividir o período em duas fases: primeiro entre 1965 e 1975 e, segundo entre 1975 e 1998.

3.2 – Área das sub-bacias afluentes

A área de drenagem ocupada pelas sub-bacias afluentes do médio Araguaia é formada por dez grandes afluentes. Suas áreas de drenagem foram tomadas como parâmetros indiretos de estimativa da capacidade do sistema em transportar sedimentos, em decorrência das práticas de desmatamento e mudanças no uso do solo na região.

3.3 – Obtenção dos dados semi-quantitativos das morfologias do canal

As ilhas e barras de canal foram os elementos morfológicos avaliados para determinação de dados semi-quantitativos. Utilizou-se o programa SPRING (Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada), para a obtenção de relatórios de áreas dessas morfologias.

Outras variáveis quantificadas a partir dessas morfologias foram: quantidade de ilhas e barras, quantidade de canais assoreados, larguras do canal (mínima, média e máxima), índices de sinuosidade e índice de entrelaçamento do canal

3.4 – Determinação das larguras do canal.

As larguras do canal foram obtidas sobre as imagens de satélite e calculadas no SPRING, identificando as seções de maior e menor larguras. A largura média é obtida dividindo-se a área do canal pela extensão do segmento.

3.5 – Índices de sinuosidade e entrelaçamento do canal

O índice de sinuosidade do canal foi obtido pela equação: $S = L_c / L_e$, onde, L_c é o comprimento do canal medido ao longo do talvegue, e L_e é o comprimento do eixo referente ao comprimento do canal em linha reta.

Existem vários métodos para se medir o índice de entrelaçamento (índice de braided) propostos por vários pesquisadores como (Brice, 1960; Howard et al. 1970; Englund e Skovgaard, 1973; Rust, 1978; Hong e Davis, 1979; Mosley, 1981; Richards, 1982; Friend e Sinha, 1993). Neste trabalho utilizamos o método de Friend e Sinha (1993) que consiste na soma de todas as extensões dos canais (principal e secundários) ao longo do trecho (l_{CTOT}) pela extensão do canal principal (l_{CMAX}), ficando definido como $IB = l_{CTOT} / l_{CMAX}$.

4 – DESCRIÇÃO QUALITATIVA E SEMI-QUANTITATIVA DAS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E MORFOLÓGICAS DO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA

A diferenciação entre ilhas e barras do canal do médio Araguaia foi feita utilizando a definição de Brice (1964). Barras são definidas como morfologias dinâmicas, sem vegetação e que submergem quando o canal atinge o nível de margens plenas. Ilhas são feições mais estáveis, cobertas por vegetação que permanecem emersas durante o estágio de margens plenas do canal.

Baseada nas classificações de Brice, (1964), Kellerhald e Church (1976), Miall (1977, 1985), Lewin (1978), Church e Jones (1982), Santos et al. (1992). No médio Araguaia foram definidas quatro tipologias de barras: lateral, central, pontal e soldamento (barras anexadas às ilhas) (Morais, 2006a). Tais tipos apresentam também variações sedimentológicas da granulometria e arquitetura dos depósitos, que refletem sua posição no canal.

A análise comparativa dos canais entre os anos de 1965 e 1975 não revelou mudanças importantes na morfologia do canal, que pudessem ser identificadas por processos de migração lateral (figura 2). Diagnosticou-se apenas pequenas variações em alguns parâmetros quantitativos das ilhas e barras, o que é natural considerando ser esse um rio que transporta abundante carga de fundo (tabela 1).

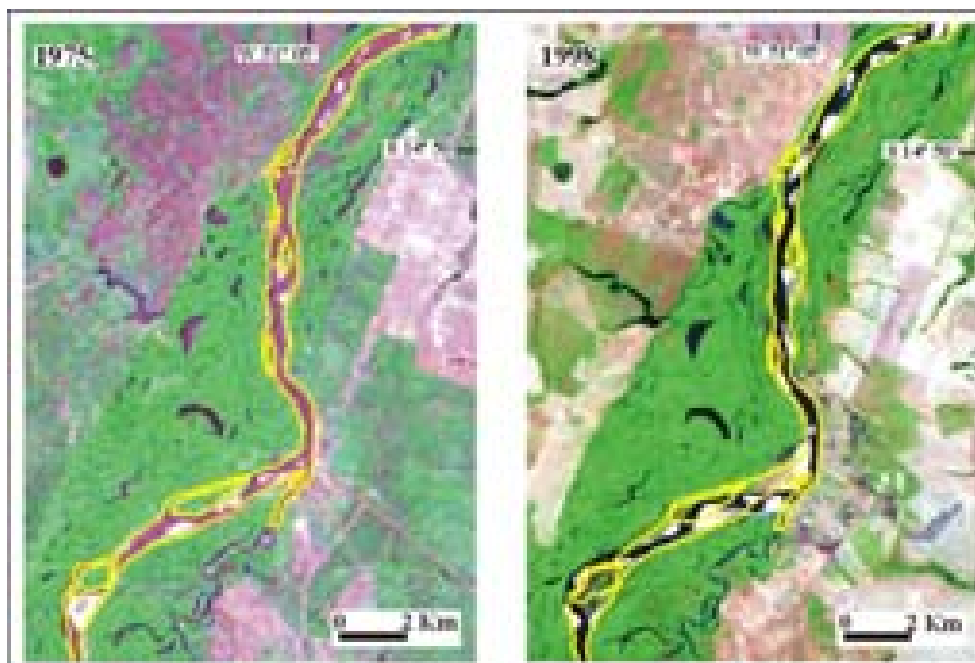


Figura 2: Segmento 5 - Comparação do canal do Médio Araguaia nos anos de 1975 e 1998. A linha amarela indica a posição do canal em 1965. (Imagens de satélite Landsat 1 MSS (1975) e Landsat 5 TM (1998)).

Em termos gerais, pode-se considerar que as ilhas mantêm uma certa estabilidade no canal entre 1965 e 1975, levando em consideração a grande quantidade de núcleos de ilhas residuais ainda existentes. Quanto às barras, nota-se que houve variação em suas quantidades, o que se justifica, num canal de carga de fundo arenosa e leito móvel. Um detalhe que chama a atenção é o aumento das barras centrais no ano de 1975 em relação ao período anterior, visto que as barras laterais até 1965 eram as tipologias mais características do canal do médio Araguaia (tabela 1).

A sinuosidade do canal não se alterou durante esse período. Quanto ao índice de entrelaçamento do canal (considerando ilhas e barras centrais no total), houve um pequeno aumento, mas quando analisamos em separado esses índices, eles refletem melhor a realidade do canal. Há uma diminuição do índice de entrelaçamento de ilhas, devido à grande redução de ilhas entre os dois períodos, e em contrapartida aumenta o entrelaçamento de barras centrais, em razão do incremento que se verifica entre 1965, 1975 e 1998 (tabela1).

Tabela 1: Parâmetros morfométricos e morfológicos do canal do médio rio Araguaia entre a cidade de Barra do Garças e a confluência do rio Cristalino com o Araguaia, próximo a Ilha do Bananal.

Parâmetros do canal	Canal 1965	Canal 1975	Canal 1998
Sinuosidade	1,27	1,27	1,27
Índice de entrelaçamento	1,48	1,52	1,58
Índice de entrelaçamento de ilhas	1,42	1,40	1,39
Índice de entrelaçamento de barras centrais	1,06	1,11	1,19
Número de ilhas total	202	178	137
Número de ilhas novas formadas por sedimentação no canal	-	23*	64**
Número de ilhas novas formadas por anexação de ilhas	-	14*	11**
Número de ilhas residuais	-	141*	62**
Numero de ilhas erodidas	16*	51**	-
Número de ilhas anexadas a planície de inundação	11*	45**	-
Número de ilhas anexadas à outras ilhas	34*	21**	-
Número de barras laterais	164	157	209
Número de barras em pontal	10	7	10
Número de barras de soldamento	72	53	86
Número de barras centrais	44	70	124
Número de canais assoreados	-	31*	55**
Largura mínima (m)	64,1	65,4	82,55
Largura máxima (m)	2338,4	2330,2	2322,5
Largura média (m)	573	553	534
Extensão do canal (km)	579,5	579	580

Fonte: autor.

* Período entre 1965 e 1975

** Período entre 1975 e 1998

A comparação entre os anos de 1965 e 1998 demonstrou uma alteração morfológica bem mais drástica. As ilhas, por exemplo, sofreram uma grande redução. Em 1965 havia 202 ilhas, dessas, apenas 62 estão presentes no canal de 1998, sendo consideradas, portanto, ilhas residuais. A quantidade de ilhas erodidas, anexadas à planície e de ilhas que foram anexadas a outras ilhas é muito grande, o que demonstra que os processos erosivos e sedimentares foram intensos ao longo destes 33 anos. Os canais assoreados também aumentaram significativamente, considerando que o seu assoreamento se deve a anexação de ilhas à planície ou devido a ilhas que se anexam uma as outras. A figura 3 mostra os processos de acresção de ilhas à planície e ilhas erodidas do canal.

A variação na quantidade de barras é bastante significativa nas quatro tipologias, contudo, deve-se ressaltar a tendência de aumento das barras centrais (tabela 1). Segundo Hooke (1997), as barras centrais são feições típicas de canais entrelaçados.

Do ponto de vista da sinuosidade, essa praticamente não se alterou. O entrelaçamento total do canal sofreu um leve acréscimo, influenciado pelo maior desenvolvimento de barras centrais. Quanto aos índices de entrelaçamento de barras e ilhas, quando analisados separadamente, verifica-se melhor a variação entre essas morfologias. Há uma tendência de diminuição de entrelaçamento do canal por ilhas, enquanto aumenta o entrelaçamento de barras centrais (tabela 1), o que pode ser um indicativo da mudança no padrão morfológico do canal.

A extensão do canal nos três períodos não sofreu grandes variações, contudo, verifica-se uma diminuição gradual na largura média, provavelmente devido à anexação de ilhas à planície, resultando numa maior retilinização do canal (tabela 1, figura 3).

4.1 – Variação areal e numérica das barras do canal do Médio Araguaia

Em poucos grandes rios brasileiros foram encontrados alguns estudos sobre caracterização de barras de canal, pode-se citar o rio Negro (Latrubesse e Franzinelli, 2005) e rio Paraná (Santos et al., 1992; Fernandez et al. 1990). Contudo esses estudos estão mais voltados aos aspectos sedimentológicos e faciográficos, não contemplando um levantamento quantitativo detalhado dessas morfologias como foi realizado no médio Araguaia com este estudo.

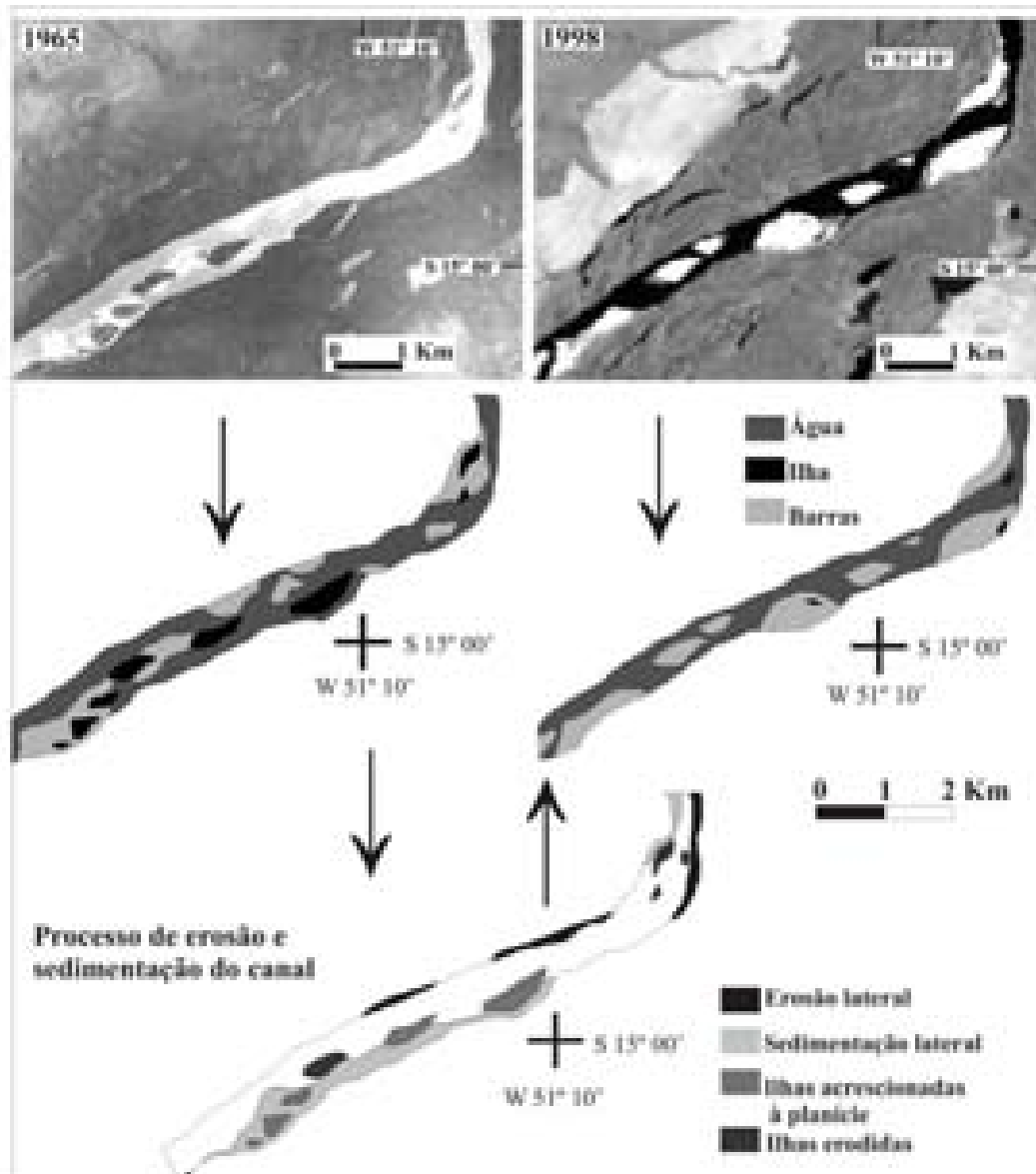


Figura 3: Segmento 5 - Evolução da dinâmica erosiva do canal que conduz a erosão de ilhas e anexação de ilhas à planície aluvial, por deslocamento lateral de barras e assoreamento de canais secundários. Fotografia aérea de 1965 e imagem Landsat 5 TM de 1998.

A tabela 2 traz os resultados da quantidade e área das diferentes tipologias de barras associadas ao canal do médio Araguaia. A comparação entre os diferentes períodos permitiu fazer uma avaliação da variação quantitativa dessas morfologias entre os anos de 1965, 1975 e 1998.

As barras laterais somavam, em 1965, 164 barras. No ano de 1975, haviam reduzido para 157, isto porque muitas dessas barras nesse período se anexaram à planície. Entre 1975 e 1998, voltaram a aumentar numericamente passando para 209 barras, aumento de 23,03% em relação a 1975, e um aumento areal de 4,28%.

Tabela 2: Rio Araguaia entre as confluências do rio das Garças e o rio Cristalino - Quantidade e área das tipologias de barras do canal do médio Araguaia.

Segmentos do Canal	Ano	Barras laterais (BL)		Barras em Pontal (BP)		Barras de Soldamento (BS)		Barras Centrais (BC)	
		Quant. (Nº)	Área (Km ²)	Quant. (Nº)	Área (Km ²)	Quant. (Nº)	Área (Km ²)	Quant. (Nº)	Área (Km ²)
Segmento 01	1965	0	0	0	0	0	0	0	0
	1975	0	0	0	0	0	0	0	0
	1998	9	0,35	0	0	0	0	1	0,01
Segmento 02	1965	3	0,48	1	0,43	0	0	0	0
	1975	2	0,29	1	0,53	0	0	0	0
	1998	14	1,02	1	0,22	0	0	13	0,22
Segmento 03	1965	18	3,88	4	1,55	6	1,08	3	0,32
	1975	15	2,76	1	0,14	5	1,17	4	0,26
	1998	17	2,3	5	1,81	6	1,41	12	0,97
Segmento 04	1965	22	8,44	0	0	9	2,45	8	1,07
	1975	26	3,86	0	0	4	1,04	7	1,00
	1998	29	5,3	0	0	14	2,18	17	1,2
Segmento 05	1965	27	6,76	0	0	16	2,48	21	1,4
	1975	24	4,7	0	0	9	0,94	20	1,12
	1998	37	7,74	0	0	11	1,42	30	2,72
Segmento 06	1965	16	2,44	0	0	13	1,73	3	0,5
	1975	14	1,99	1	0,28	8	1,36	11	0,68
	1998	18	3,22	1	0,58	15	2,28	12	0,99
Segmento 07	1965	17	6,64	0	0	7	1,06	1	0,14
	1975	21	4,48	1	0,85	8	1,13	8	0,67
	1998	20	4,02	3	1,13	9	1,75	9	0,63
Segmento 08	1965	25	9,36	0	0	9	2,17	3	0,36
	1975	25	9,13	0	0	9	2,07	210	1,19
	1998	34	9,81	0	0	9	0,6	24	2,78
Segmento 09	1965	21	6,26	0	0	9	2,23	1	0,04
	1975	13	5,29	0	0	6	1,37	8	1,28
	1998	16	5,35	2	1,65	11	2,24	3	0,24
Segmento 10	1965	15	1,96	5	1,41	3	0,37	4	0,38
	1975	17	2,52	3	1,44	4	0,95	2	0,24
	1998	15	1,72	6	2,05	11	1,04	3	0,05

Fonte: autor.

As barras em pontal são pouco frequentes no médio rio Araguaia, praticamente se mantiveram estáveis entre 1965 e 1975 (tabela 2), passaram de 10 para 7 neste período. Contudo, aumentaram significativamente entre 1975 e 1998 em quantidade e área, passaram

de 7 para 18, aumento de 157%, conseqüentemente acompanhado de uma aumento areal da ordem de 129%, passando de 3,24 km², para 7,44 km².

As barras de soldamento (anexadas às ilhas) tiveram, entre 1965 e 1975, uma redução numérica de 26,39%, ou seja, passaram de 72 para 53. A partir de 1975 até 1998, o aumento foi de 36,70%, saltando para 86 barras, apresentando também valores areais elevados. Verifica-se que, a partir de 1998, o canal delinea uma tendência de aumento numérico e areal dessas barras que são anexadas às ilhas (tabela 2). O fato que mais chama atenção é que, quando comparamos 1965 e 1998 percebemos que a quantidade de ilhas no canal durante esse período reduziu cerca de 48%, como será discutido no próximo tópico. Isso significa que temos, em 1998, uma quantidade de barras de soldamento muito maior, anexadas a um conjunto de ilhas mais reduzido, fato que indica uma grande quantidade de sedimentos distribuídos pelo canal envolvendo essas morfologias.

Um dos aspectos morfológicos do canal que mais chamam a atenção durante o período analisado, diz respeito às barras centrais. Até 1965, o tipo de barras dominantes no rio Araguaia, na área de estudo, eram as barras laterais. Em 1975, verifica-se um aumento significativo na quantidade de barras centrais, da ordem 50,10% passando de 44 em 1965, para 70 em 1975. A área também sofreu acréscimo de 52,97%. A partir de 1975, o que se verifica é um aumento gradativo em quantidade e área dessas morfologias, que no ano de 1998 chegaram a 124 barras centrais identificadas no canal (tabela 2). Essa quantidade corresponde a um incremento de 53,57% em relação a 1975, onde a área aumentou cerca de 52%.

Indiscutivelmente, as barras centrais foram as morfologias mais dinâmicas na atual configuração do canal do médio Araguaia, considerando o ano de 1998. A análise comparativa entre 1965 e 1998, revela que numericamente essas morfologias fluviais aumentaram 281,82% e arealmente 233,02%.

A figura 4 mostra a variação das barras entre os anos de 1965 e 1998. Destaca-se que o desenvolvimento de barras centrais nos canais aluviais está associado à divisão do fluxo em multi-canais, o que é uma característica dos rios de padrão entrelaçado. O desenvolvimento de padrões entrelaçados é favorecido por rápidas e grandes flutuações de descargas, associadas a uma alta taxa de suprimento de sedimentos grosseiros para o canal. A ausência ou a baixa quantidade areal de cobertura vegetal na bacia de drenagem contribui para o aumento do escoamento superficial, que aliado a uma grande quantidade de detritos, promovem o intenso aporte de areias no canal fluvial (Walker, 1984 apud Fontes, 2002).

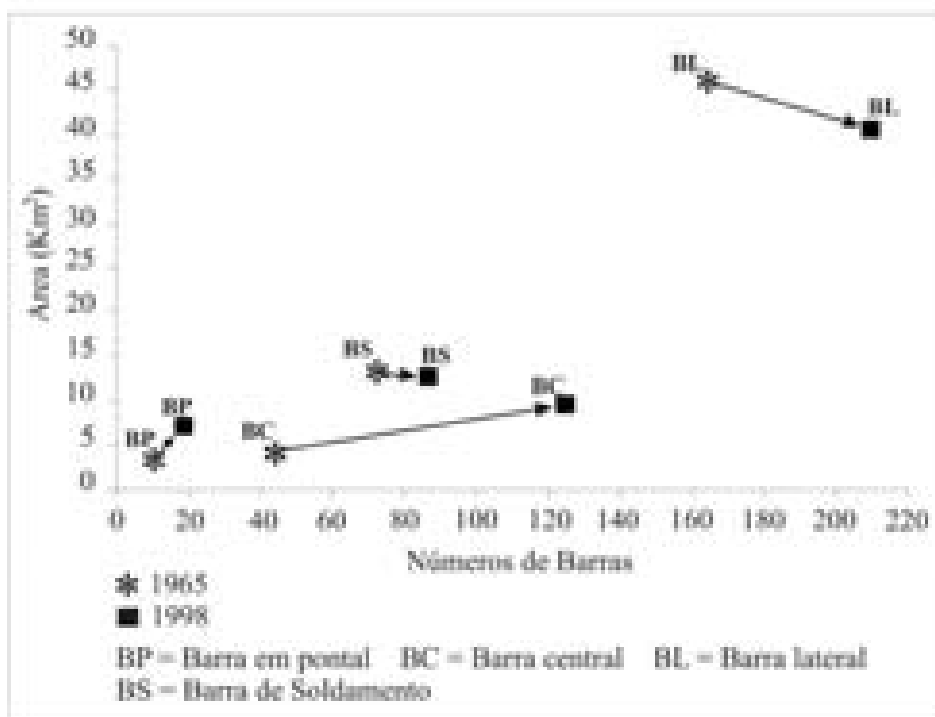


Figura 4: Variação dos tipos de barras do canal do Médio Araguaia entre os anos de 1965 a 1998.

Na figura 5, pode-se observar, por exemplo, a frequência acumulada das principais morfologias do rio Araguaia distribuídas pelos segmentos, e sua relação com a porcentagem da área de drenagem acumulada ao longo do canal. A medida que aumenta a quantidade de área de drenagem consequentemente aumenta a quantidade de barras de areia no canal fluvial. Pode-se acompanhar também nessa figura a variação na quantidade das ilhas e barras nos anos de 1965, 1975 e 1998. Fica claro que entre 1965 e 1975, as variações quantitativas entre esses elementos morfológicos ainda eram pequenas.

4.2 – Variação areal e numérica das ilhas do canal do Médio Araguaia

Segundo Brice (1964), as ilhas são consideradas as feições morfológicas mais estáveis dos canais fluviais. Mas o levantamento quantitativo das ilhas do canal do médio Araguaia revela que ao longo de 33 anos, entre 1965 a 1998, a redução significativa na quantidade de ilhas demonstra que a estabilidade dessas morfologias é cada vez menor.

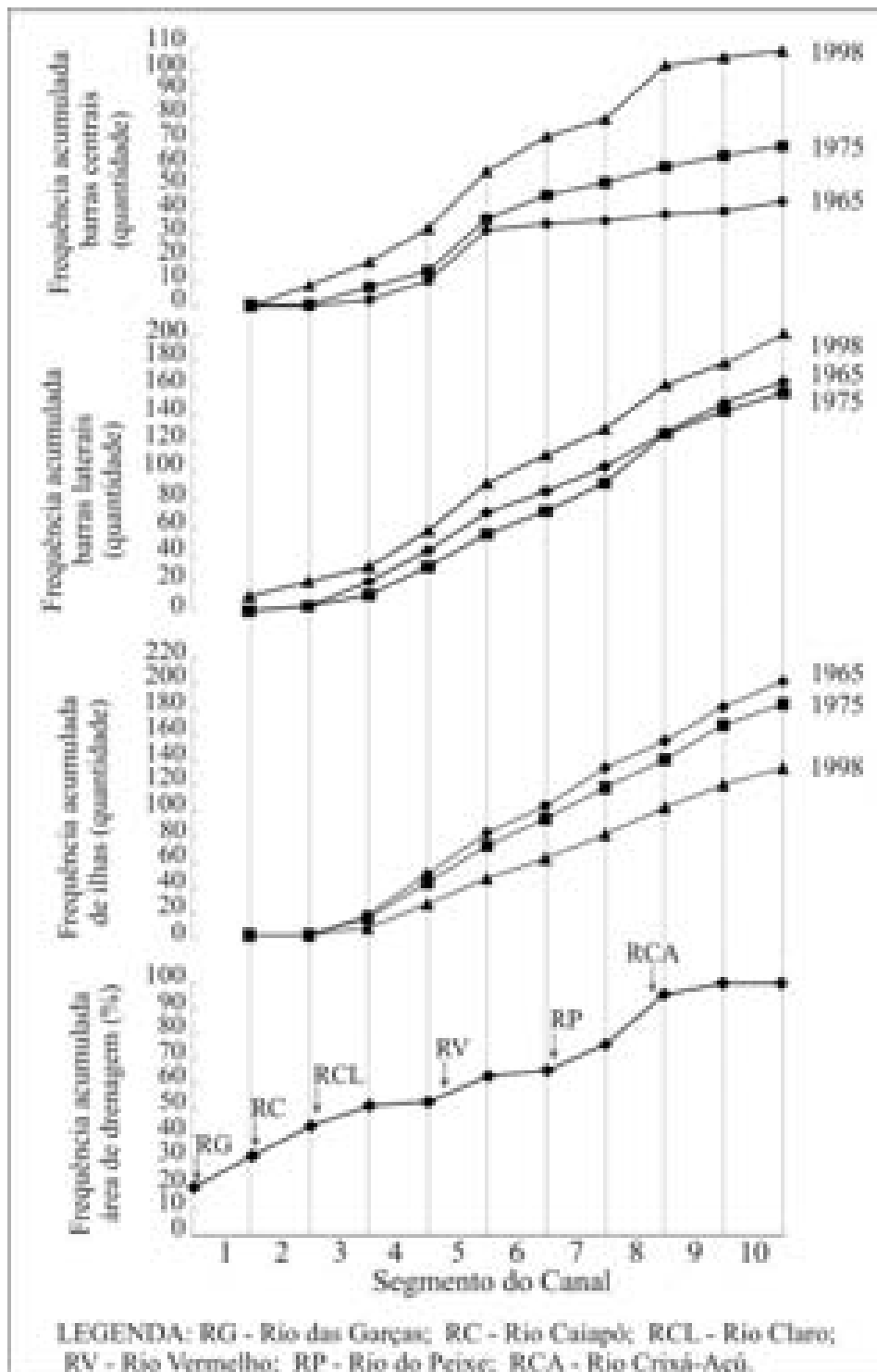


Figura 5: Relação da frequência acumulada das subbasins de drenagem e as morfologias fluviais do Médio Rio Araguaia distribuídos pelos dez segmentos do canal.

De acordo com a tabela 3, houve uma tendência de diminuição significativa no número de ilhas entre 1965 e 1998. Pode-se destacar que os principais processos ligados ao desaparecimento de ilhas são: acreção de ilhas à planície de inundação pelo assoreamento de canais, ilhas que são totalmente erodidas e ilhas que se anexam às outras ilhas. A figura 6 mostra uma ilha sendo anexada à planície pelo assoreamento de seus canais.

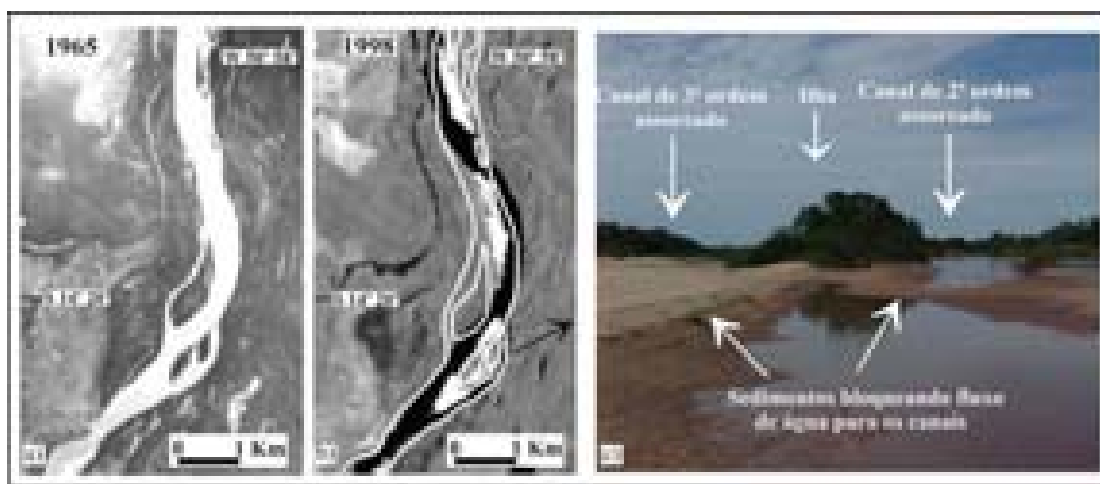


Figura 6: Anexação de ilhas à planície aluvial pelo assoreamento de canais de 2ª e 3ª ordem. Segmento 7 - a) fotografia aérea de 1965; b) imagem Landsat 5 TM de 1998, linha branca indicando a posição do canal em 1965; c) foto de uma ilha pequena sendo anexada à outra ilha.

Tabela 3: Quantidade e área das ilhas, total e por segmentos do canal do médio Araguaia.

Ano	Segmentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
1965	Quant. (Nº)	2	0	16	32	33	21	30	21	27	20	202
	Área (km ²)	0,36	0	2,84	3,51	6,07	6,60	8,64	4,47	9,18	5,24	46,91
1975	Quant. (Nº)	2	0	13	27	29	18	27	24	22	16	178
	Área (km ²)	0,28	0	2,68	4,34	6,37	6,38	8,55	4,13	7,65	5,63	46,01
1998	Quant. (Nº)	2	0	7	21	20	18	21	20	14	14	137
	Área (km ²)	0,20	0	3,24	3,68	4,29	6,86	9,44	2,83	7,68	5,82	44,04

Fonte: autor.

O balanço da quantidade de ilhas entre um período e outro pode ser entendido a partir das seguintes equações:

$$I_{1965} = (Ie_{1975} + Iap_{1975} + Iai_{1975} + Ir)$$

$I_{1975} = (Ir_{1965} + In) \Rightarrow$ sendo que as ilhas de 1975 sofrem transformações a partir dos processos de erosão e sedimentação, e desaparecem do canal. A diferença no resultado das $Ie + Iap + Iai$ resulta nas ilhas residuais (Ir) do canal do ano de 1975.

No canal do período seguinte, no caso do ano de 1998, as ilhas existentes são compostas pelas ilhas residuais do canal do ano de 1975, além das ilhas novas formadas por sedimentação após esse período, ou seja, $I_{1998} = (Ir_{1975} + In)$.

Onde: I = ilhas dos respectivos períodos; Ie = ilha erodida; Iap = ilhas anexadas à planície; Iai = ilhas anexadas a outras ilhas; In = ilhas novas; Ir = ilhas residuais.

Entre os anos de 1965 e 1975, o número de ilhas passou de 202 para 178. O percentual de ilhas anexadas à planície foi de 5,44%, ilhas erodidas 7,92%, ilhas anexadas a outras ilhas 16,83% e as ilhas residuais representam 69,81%. No período entre os anos de 1975 e 1998, as ilhas passaram de 178 para 137, onde o percentual de ilhas anexadas à planície foi de 25,28%, ilhas erodidas 28,65% e ilhas anexadas a outras ilhas de 11,79%, ou seja, apenas 34,28% das ilhas de 1975 resistiram como núcleos residuais. Observou-se que nesse último período houve um aumento significativo de ilhas que foram erodidas e anexadas à planície.

As ilhas existentes no canal do médio Araguaia em 1998 somam 137, onde 44,53% são ilhas residuais herdadas do canal de 1975, 46,72% de ilhas novas formadas pela evolução de barras centrais e 8,75% de ilhas que evoluíram pelo processo de anexação entre ilhas aumentando sua área.

4.3 – Classificação das ilhas do canal do médio Araguaia em função de suas dimensões areais.

Analisando o rápido desaparecimento de ilhas no decorrer do período histórico, foi feita uma classificação das ilhas em função de suas dimensões, objetivando encontrar relações com a dinâmica do canal que pudessem explicar essas variações quantitativas.

Distinguiu-se no médio Araguaia quatro tipos de ilhas em função de suas dimensões: ilhas muito pequenas (Imp) as que variavam entre 0,005 – 0,01 km², ilhas pequenas (Ipq) entre 0,011 – 0,10 km², ilhas médias (Imd) entre 0,11 – 1,0 km² e ilhas grandes (Igr) entre 1,1 – 5,0 km².

Verificou-se que as ilhas do tipo Imp e Ipq se formam exclusivamente pela evolução de barras centrais. As Imd podem se formar por evolução de barras centrais e podem

aumentam arealmente por dois processos: acresção lateral e anexação de ilhas (Imp, Ipq e Imd) (Figura 7).

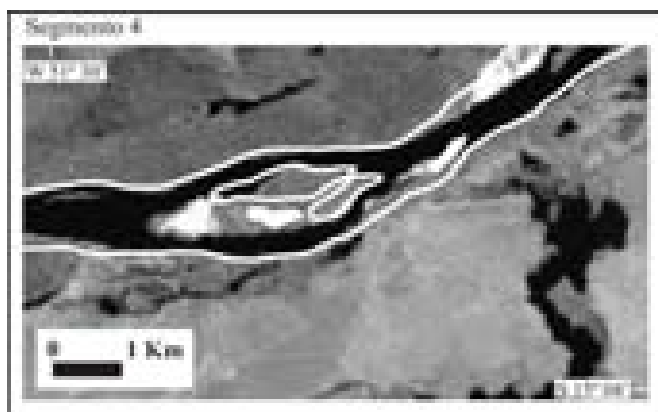


Figura 7: Formação de ilha média por processos de anexação entre ilhas. A linha branca indica a posição do canal em 1965. (Imagem Landsat 5 TM de 1998).

Já a origem das ilhas grandes (Igd), em sua maioria, se dá por processos de avulsão ou migração lateral pela planície, contudo, deve-se destacar que existe a possibilidade de que ilhas grandes se formem por processos de anexação entre duas ou mais ilhas.

A tabela 4 traz a relação da quantidade de ilhas e suas dimensões em cada um dos dez segmentos do rio Araguaia. Na análise geral do canal, observou-se que as Imp apresentam a mesma quantidade entre 1965 e 1975, o que não significa que tenham se mantido estáveis, pois entre um período e outro, cerca de 21% dessas ilhas foram erodidas e 32% anexadas a outras ilhas, ou seja, em 1975 do total existente 45% são residuais e 55% são ilhas novas. Entre 1975 e 1998, houve uma redução na quantidade de Imp que passaram de 20 para 9, respectivamente. Das 20 Imp em 1975, 11 foram erodidas e 7 anexadas à planície, ou seja, as 9 Imp de 1998 são resultado de ilhas novas que se formaram por evolução de barras centrais.

As Ipq em todos os períodos representam a maior quantidade de ilhas e, portanto, vulneráveis à ação dos processos erosivos e sedimentares. Em 1965, eram 102 ilhas, onde 9,80% foram erodidas, 6,86% anexadas à planície e 16,67% anexadas a outras ilhas. Em 1975, eram 85 ilhas, das quais 80% são núcleos residuais do canal de 1965, 14,12% são ilhas novas evoluídas de barras centrais e 5,88% resultado da acresção de outras ilhas (Imp e Ipq). Entre 1975 e 1998, a quantidade destas Ipq caiu para 64 no total, das quais apenas 28,12% são residuais herdadas de 1975 e 71,88% são ilhas novas.

Tabela 4: Quantidade e tamanho das ilhas, total e por segmentos do canal do médio Araguaia.

Segmentos do canal	1965				1975				1998			
	Imp	Ipq	Imd	Igr	Imp	Ipq	Imd	Igr	Imp	Ipq	Imd	Igr
Segmento 1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0
Segmento 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Segmento 3	3	8	4	1	3	5	4	1	0	2	4	1
Segmento 4	4	17	11	0	3	15	9	0	1	12	8	0
Segmento 5	3	16	14	0	5	9	14	0	4	9	6	1
Segmento 6	0	11	9	1	2	7	8	1	0	8	9	1
Segmento 7	4	19	5	2	5	15	5	2	1	12	6	2
Segmento 8	0	7	13	1	0	13	10	1	2	10	8	0
Segmento 9	0	13	10	4	0	10	8	3	1	4	5	4
Segmento 10	5	11	3	1	2	11	2	1	0	6	6	2
Total	19	102	71	10	20	85	62	9	9	64	53	11

Fonte: autor.

A figura 8 mostra a variação do tamanho das ilhas entre os anos de 1965, 1975 e 1998.

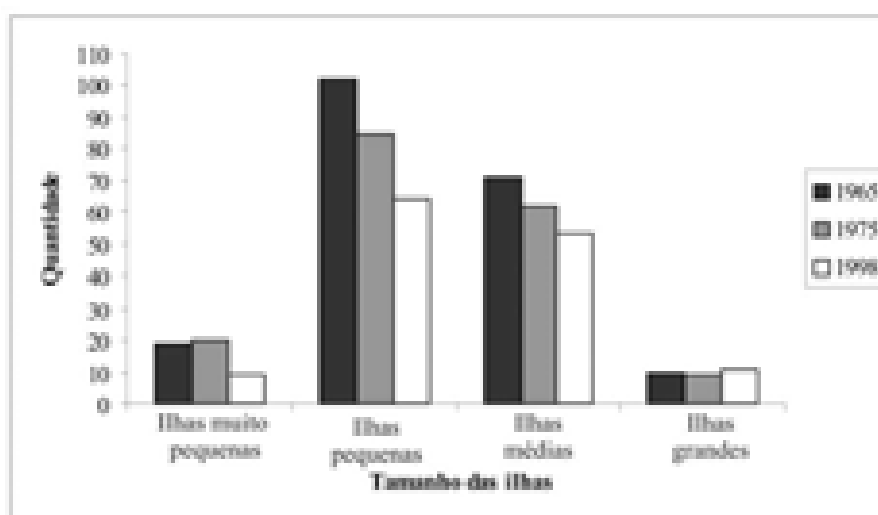


Figura 8: Comparação da quantidade de ilhas agrupadas de acordo com suas dimensões.

Nota-se que ao longo do período, há uma diminuição gradativa das imp devido ao aumento da capacidade erosiva e sedimentar do canal, deixando-as mais vulneráveis à ação desses processos.

As ilhas médias (Imd) passaram de 71 ilhas em 1965 para 62 ilhas em 1975. A dinâmica de transformação dessas ilhas nesse período resultaram que: 9,8% foram erodidas, 5,63% anexadas à planície e 16,67% foram anexadas a outras ilhas. O resultado é que, em

1975, do total de Imd existentes, 87,1% são residuais e 12,9% foram ilhas que evoluíram por anexação de ilhas.

A dinâmica de mudanças das ilhas médias do canal de 1975, para o canal de 1998, sofreram as seguintes transformações: 11,29% foram erodidas, 27,42% anexadas à planície, 22,58% foram anexadas à outras ilhas. Isso significa que em 1998 existiam no canal 53 Imd, desse total 62,26% eram ilhas residuais do canal anterior, 18,87% de ilhas novas e também 18,87% de ilhas que evoluíram por anexação de outras ilhas que aumentaram sua área.

As dimensões das ilhas médias é o que permite sua maior estabilidade ao canal do Araguaia diante da dinâmica fluvial atual. Verificou-se que a sedimentação é o processo que está mais associado ao desaparecimento dessas morfologias do canal, seja anexando estas ilhas à planície ou anexando-as umas as outras.

As ilhas grandes são praticamente estáveis ao longo de todo o período (tabela 4). Podem ser destacadas apenas três modificações que afetaram essas morfologias: 1º – a formação de uma ilha grande entre 1965 e 1975 por processos de anexação entre 1 ilha média e 1 ilha pequena no segmento 5; 2º – entre 1975 e 1998 a anexação à planície de uma ilha grande, foi identificada no segmento 8; 3º - entre 1975 e 1998 notou-se no segmento 10 a existência de duas ilhas grandes, contudo sua origem está associada à atividade erosiva que dividiu um ilha grande em duas (figura 9). Na figura 10 é possível acompanhar graficamente a variação na quantidade das ilhas em função de suas dimensões e sua dinâmica de transformação ao longo do período analisado.



Figura 9: Segmento 10 - Exemplo de ilha grande dividida em duas por processos erosivos. (Fotografia aérea de 1965 e imagem de satélite Landsat 5 TM de 1998).

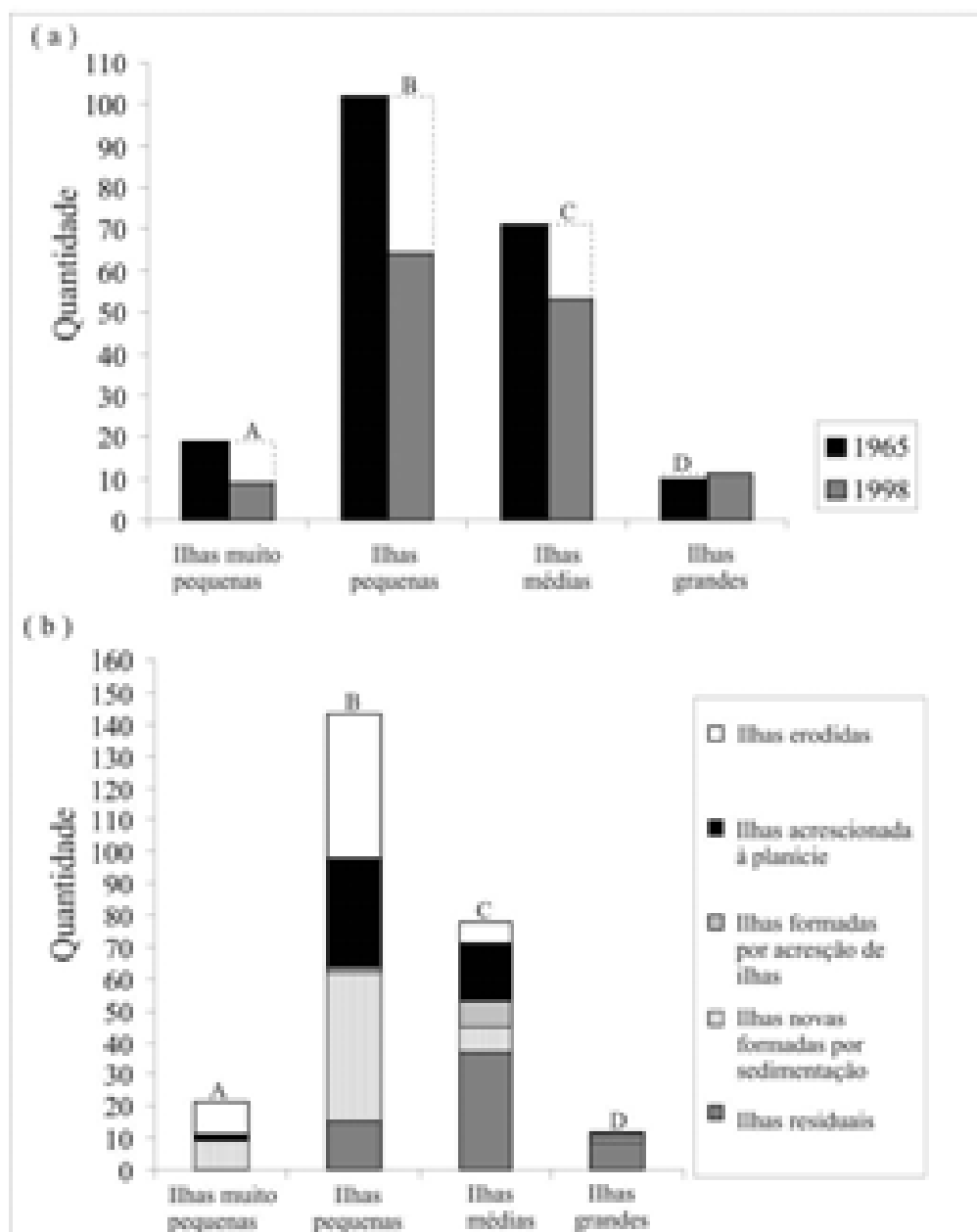


Figura 10: Variação na quantidade de ilhas. a) variação da quantidade de ilhas existentes no canal do Médio Araguaia entre 1965 e 1998; b) dinâmica de transformação das ilhas no mesmo período.

Analisando a figura 10, pode-se notar que as ilhas pequenas são as morfologias mais susceptíveis aos processos de erosão e sedimentação. O fato é comprovado quando se analisa a quantidade de ilhas pequenas que foram erodidas e anexadas à planície. No mesmo ritmo

em que são destruídas, verificou-se também uma grande quantidade dessas ilhas que surgiram no canal. Sua representatividade enquanto ilhas residuais é muito pequena.

As ilhas médias são mais resistentes aos processos erosivos. Seu desaparecimento está associado aos processos de acreção lateral à planície. Representam a maior quantidade de ilhas residuais de canal. O interessante é que devido às condições atuais da dinâmica do canal, o desaparecimento de ilhas médias não está sendo compensado na formação de ilhas novas. Verificou-se que as ilhas novas que se formam são de pequenas dimensões e vulneráveis aos processos erosivos e sedimentares, podendo ser consideradas ilhas efêmeras. As ilhas grandes são praticamente estáveis.

4.4 – Índices de sinuosidade e entrelaçamento do canal do médio Araguaia

Conforme Church (1996), a sinuosidade do canal constitui-se em um mecanismo adicional de dissipação de energia. Considerando que o Araguaia vem sofrendo com processos de agradação devido à grande quantidade de sedimentos no seu canal, a capacidade de transporte do canal diminui e os sedimentos se depositam ao longo das margens, assoreando canais secundários, conduzindo a retificação do canal, que conseqüentemente reduz sua sinuosidade. A retificação é uma tentativa do canal em otimizar sua capacidade de transporte, eliminando obstáculos que o impessam de carregar seus sedimentos a jusante.

Os índices de sinuosidade dos segmentos do canal no ano de 1998 variaram entre 1,10 a 1,79, associados aos segmentos 6 e 10, respectivamente (tabela 5). Comparando-se com o canal do ano de 1965, verificou-se que não apresentaram alterações significativas. O índice de sinuosidade dos segmentos 1, 2, 5, 6 e 8 os classificam como padrões retilíneos com talvegue sinuoso. Os segmentos 3, 4, 7, 9 caracterizam padrões sinuosos e o segmento 10 padrão meândrico.

Os índices de entrelaçamento variaram muito pouco no trecho médio do canal do Araguaia. No período analisado, verificou-se que, em 1965, o segmento 2 apresentava o índice 1, ou seja, não sofria influência de barras centrais nem ilhas. Os segmentos 4 (1,76), 5 (1,75) e 9 (1,76) apresentavam os maiores valores (tabela 5). Em 1998, verifica-se que o segmento 2 apresenta um índice de 1,17 influenciado pelo desenvolvimento de barras centrais (tabela 2), e o segmento 6 (1,92) o maior valor encontrado entre os segmentos do canal em razão de um maior desenvolvimento de barras centrais, barras de soldamento e aumento areal das ilhas (tabela 2).

Tabela 5: Índice de sinuosidade (IS), índice de entrelaçamento total (IB), entrelaçamento de ilhas (IB ilhas) e entrelaçamento de barras centrais (IB barras) do canal do médio Araguaia.

Segmentos do canal	1965				1975				1998			
	IS	IB (total)	IB ilhas	IB barras	IS	IB (total)	IB ilhas	IB barras	IS	IB (total)	IB ilhas	IB barras
Segmento 1	1,20	1,05	1,05	1,00	1,23	1,05	1,05	1,00	1,23	1,05	1,04	1,01
Segmento 2	1,11	1,00	1,00	1,00	1,14	1,00	1,00	1,00	1,14	1,17	1,00	1,17
Segmento 3	1,37	1,35	1,3	1,06	1,39	1,36	1,30	1,06	1,32	1,44	1,23	1,21
Segmento 4	1,31	1,76	1,64	1,12	1,32	1,73	1,58	1,14	1,34	1,87	1,64	1,23
Segmento 5	1,16	1,75	1,53	1,21	1,18	1,75	1,50	1,24	1,19	1,79	1,33	1,46
Segmento 6	1,11	1,66	1,59	1,07	1,13	1,72	1,51	1,21	1,10	1,92	1,66	1,25
Segmento 7	1,13	1,66	1,63	1,04	1,17	1,73	1,59	1,14	1,24	1,79	1,67	1,11
Segmento 8	1,11	1,44	1,39	1,05	1,10	1,63	1,48	1,15	1,10	1,78	1,37	1,41
Segmento 9	1,3	1,76	1,74	1,01	1,31	1,81	1,62	1,18	1,30	1,65	1,64	1,01
Segmento 10	1,76	1,42	1,34	1,07	1,77	1,44	1,40	1,04	1,79	1,43	1,39	1,04
Total	1,27	1,48	1,42	1,06	1,27	1,52	1,40	1,11	1,27	1,58	1,39	1,19

Fonte: autor.

Deve-se destacar que os índices de entrelaçamento do Araguaia se revelaram muito baixos. O que se deve a um problema do método aplicado e o padrão morfológico do canal. A aplicação do método de Friend e Sinha (1993) na determinação do índice de entrelaçamento considera apenas a extensão longitudinal dos canais principal e secundários.

No caso do médio Araguaia, o padrão morfológico do canal, de acordo com a classificação de Kellerhard e Church (1989), pode ser definido como um anabranching com ilhas ocasionais. Isso significa que as ilhas estão distribuídas longitudinalmente ao longo do canal, não havendo sobreposição entre elas, ou seja, ilhas muito próximas umas das outras. Nesse tipo de padrão o espaçamento entre uma ilha e outra é em média 10 vezes ou mais a largura do canal. Constatou-se, assim, que o uso desse método em padrões de canais como o do Araguaia, considerando a distribuição das ilhas, resultam em baixos valores de índices de entrelaçamento.

Segundo Friend e Sinha (1993), a relação entre os índices de sinuosidade e entrelaçamento permitem identificar o padrão do canal e sua tendência de transformação. A figura 11 tem por objetivo espacializar essa relação.

Em 1965, verificou-se que os segmentos 1 e 2 se comportam como canais retilíneos de talvegue sinuoso. Observa-se que em 1998, o segmento 2 tende a migrar para um padrão mais entrelaçado, devido ao aumento de barras centrais (tabela 5, figura 11).

Os segmentos 5, 6 e 8 apresentavam em 1965 um padrão do tipo entrelaçado. Já em 1998, os segmentos 6 e 8 tendem a aumentar o entrelaçamento influenciado pelo

desenvolvimento de barras centrais (tabela 2) e o segmento 5 parece migrar para um padrão entrelaçado/sinuoso (tabela 5, figura 11).

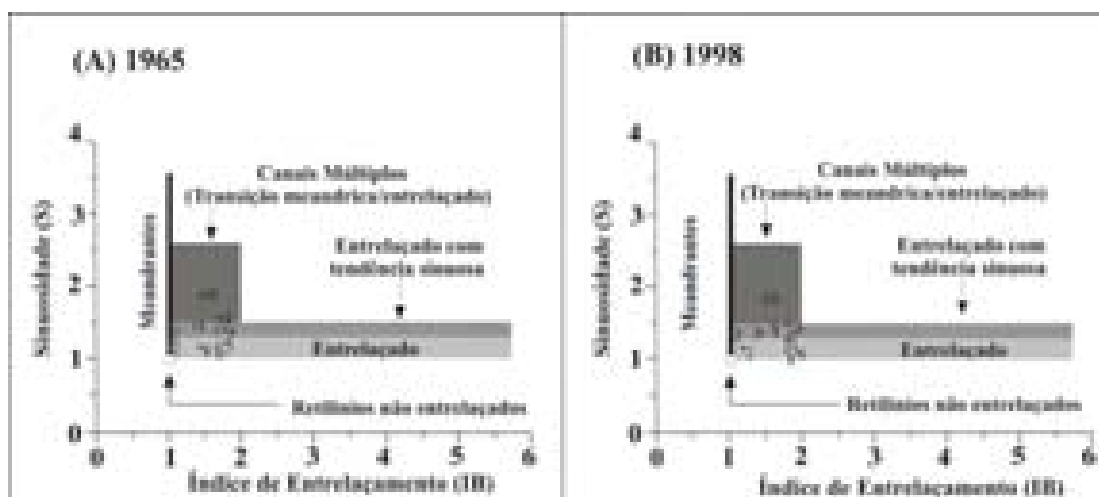


Figura 11: Diagramas de correlação dos índices de sinuosidade (S) e entrelaçamento (IB) dos segmentos do canal do Médio Araguaia nos anos de 1965 e 1998.

Os segmentos 3, 4, 7 e 9 são exemplos de padrões entrelaçados com tendência sinuosa em ambos os períodos, contudo, perderam sinuosidade, com exceção do segmento 4. O segmento 10 não variou seu padrão morfológico, caracterizado como de canais múltiplos, mas nota-se que houve uma pequena queda na sua sinuosidade (tabela 5, figura 11).

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças em alguns parâmetros morfométricos do canal do rio Araguaia entre os anos de 1965, 1975 e 1998, pode ser demonstrada na variação dos dados geomorfológicos semi-quantitativos. O período temporal desse estudo pode ser dividido em duas fases: a primeira vai de 1965 até 1975, e a segunda entre 1975 e 1998. As modificações identificadas nessas duas fases são acompanhadas pela dinâmica na variação numérica e areal das barras e ilhas. No caso das barras, as mudanças são no estilo de sedimentação (barras laterais, centrais, pontal, soldamento) e nas ilhas, nas variáveis de transformação (ilha erodida, anexada à planície, anexada à outra ilha, residual).

A fase um (1), ou fase de distribuição de sedimentos no canal, vai do ano de 1965 até 1975, ou seja, tem uma duração de 10 anos. Esse é considerado o período em que o canal dá

indícios das primeiras alterações morfológicas, verificadas nas barras e ilhas. Sob novas condições de fluxo de sedimentos, o canal busca um ajuste para restabelecer novas condições de equilíbrio entre erosão e sedimentação. No caso das barras, as mudanças se fazem notar na redução em número e área das barras laterais que eram as tipologias de barras dominantes em 1965, em detrimento a um aumento das barras centrais a partir de 1975, feições típicas de canais entrelaçados.

Verificou-se nas ilhas de pequenas dimensões atividades erosivas destrutiva, mas em menor proporção, se comparadas às atividades sedimentares. Lembrado que como variáveis de transformação, os processos sedimentares desempenham duas funções: de eliminação de ilhas do canal por anexação à planície e de evolução, quando duas ou mais ilhas se juntam para formar um único núcleo, sendo essas, as de maior importância neste período. A maior estabilidade do canal nesse período pode ser inferida pela quantidade de núcleos de ilhas residuais de variadas dimensões que estão presentes no canal do ano de 1975. O diagnóstico dessa fase é de um período em que o canal do Araguaia, busca reestabelecer suas condições de equilíbrio em razão de uma intensa redistribuição sedimentar no seu leito, possivelmente desencadeadas por variáveis externas de produção de sedimentos e mudanças no uso da terra na área da bacia.

A fase dois (2), ou fase de agradação do canal vai de 1975 até 1998, é o maior intervalo temporal, 23 anos. Nesse período, verificou-se um grande incremento na quantidade e área das barras de canal. Chama atenção o aumento das barras centrais, em número e área.

Na análise comparativa da evolução das ilhas entre os anos de 1975 e 1998, verificou-se um significativo aumento na quantidade de ilhas erodidas, a grande maioria de pequenas dimensões. Aumentaram também a quantidade de ilhas anexadas à planície, incluindo ilhas de todas as dimensões. Outra grande evidência da maior intensidade dos processos sedimentares foi o grande número de ilhas novas que surgiram no canal.

No diagnóstico sobre a dinâmica de transformação das ilhas ao longo de todo o período (1965/1998), pode-se destacar que as ilhas grandes permaneceram praticamente estáveis do ponto de vista erosivo. Sua anexação à planície por assoreamento de seu canal secundário é a única possibilidade capaz de provocar o seu desaparecimento a curto e médio prazo.

As ilhas médias, formadas pela evolução de barras centrais, podem ser consideradas as feições mais estáveis, enquanto capazes de preservar núcleos residuais. Esses núcleos são frequentemente retrabalhados por processos erosivos e sedimentares, ora aumentando, ora reduzindo sua área. O desaparecimento dessas ilhas do canal está associado principalmente à

anexação à planície. Podem ser consideradas as feições mais importantes capazes de manter uma certa estabilidade morfológica no canal fluvial.

As ilhas pequenas são as de maior representatividade em todos os períodos. Contudo, são altamente susceptíveis aos processos erosivos e de sedimentação que levam ao seu desaparecimento. As ilhas muito pequenas são as de menor representatividade. Em ambos os casos, as dimensões reduzidas dessas ilhas, associadas a alta erosividade do canal, impedem a preservação de núcleos residuais tempo suficiente para que os processos de acreção lateral atuem, aumentando suas áreas e garantindo maior estabilidade. Essa característica as classificam como ilhas efêmeras: a tendência é que no decorrer dos anos se tornem cada vez mais raras no canal do médio Araguaia.

A sinuosidade do canal pouco se alterou durante o período. Mas se verifica uma leve tendência de queda entre um segmento e outro. A diminuição da sinuosidade do rio Araguaia é provocada pelo aumento de canais secundários assoreados, conduzindo o canal a um processo de retilinização. Com esse mecanismo, o canal procura restabelecer sua capacidade de transporte, uma vez que provoca a eliminação de obstáculos, como as ilhas, por exemplo.

O índice de entrelaçamento do canal (considerando ilhas e barras centrais no total) aumentou entre 1965 e 1998, passou de 1,48 para 1,58, respectivamente. Contudo, se analisando o entrelaçamento separando ilhas e barras, verificou-se que a diminuição na quantidade de ilhas, entre 1965 e 1997, de 202 para 137 ilhas, implicou na redução do índice de entrelaçamento de ilhas de 1,42 para 1,38. O resultado só não foi menor, pois as ilhas médias e grandes, mais resistentes aos processos de erosão, garantiram um certo equilíbrio areal para compensar a grande perda de ilhas pequenas. O aumento na quantidade de barras centrais entre 1965 e 1998 de 44 para 124, respectivamente, fez subir o índice de entrelaçamento de barras centrais, passando de 1,06 para 1,19.

A relação sinuosidade/entrelaçamento indicou que em alguns segmentos observou-se tendências de migração de um padrão a outro, o que pode ser interpretado como um desequilíbrio do canal em se estabelecer ora como um padrão entrelaçado, ora como um entrelaçado com tendência sinuosa.

Variações na morfologia dos canais que produzem tamanhas transformações de seus elementos morfológicos, durante intervalos de tempo tão curtos, só podem ser interpretadas como interferências antrópicas no sistema fluvial. Considerando que o canal do rio Araguaia, no trecho de estudo a montante dele, não sofre interferências diretas como represamentos, por exemplo, resta atribuir as mudanças a fatores indiretos, como desmatamentos e mudanças no uso da terra na área da bacia.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHWORTH, P.J. **Mid-channel bar growth and its relationship to local flow strength and direction.** Earth Surface Process and Landforms, v.21, p.103-230.1996.

BEST, J.L.; BRINSTOW, C.S. **Braided Rivers.** Geological Society Especial Publication No75. The Geological Society, London, p.1-11. 1993.

BRICE, J. C. **Index for description of channel braiding .** Bulletin of the Geological Society of America, v.71. 1960.

BRICE, J.C. **Channel patterns and terraces of the Loup rivers in Nebraska.** US Geol. Surv. Prof. Pap. 422-D, p.1-41. 1964.

CHURCH, M.; JONES, D. Channel bars in gravel bed rivers. In Hey, R.D.; Bathurst, J.C.; Thorne, C.R.(eds), **Gravel-bed Rivers.** Wiley, Chichester, p291-324. 1982.

CHURCH, M. Channel morphology and tipology. In PETTS, G.; CALOW, P. (Ed). **River flows and channel forms.** Blackwell Science, p.185-202. 1996.

ENGELUND, F.; SKOVGAARD, O. **On the origin of meandering and braiding in alluvial streams.** J. Fluid Mech. V57, p.289-302. 1973.

FERGUNSON, R.I. Understanding braiding process in gravel-bed rivers: progress and unsolved problems. In Best, J.L. and Bristow,C.S.(eds), **Braided rivers.** Special Publication of the Geological Society of London ,v.75, p.73-87.1993.

FERNANDEZ, O. V.Q.; SANTOS, M.L.; STEVAUX, J.C. **Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, Região de Porto Rico (PR).** In Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Natal (RN). Boletim de resumos Expandidos, v.2, p.310-311. 1990.

FONTES, L.C.S. **Erosão marginal do baixo curso do Rio São Francisco: um estudo de caso de impactos geomorfológicos à jusante de grandes barragens.** 2002. 245p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos do Semi-árido, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE. 2002.

FRIEND, P. F.; SINHA, R. Braided and meandering parameters. In: Best, J. L A.; Bristow, C. S (Ed.). **Braided Rivers.** Geological Society Special Publication, v.75, p.105-111. 1993.

HONG, L. B.; DAVIS, T. R. H. **A study of stream braiding**. Geological Society of America bulletin, v.79, p. 671-689. 1979.

HOOKE, J.M. Styles of channel change. In Thorne, Hey & Newson (eds). **Applied Fluvial Geomorphology for river engineering and management**. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY. Cap.9, pp. 237-268. 1997

HOWARD, A.D.; KEETCH, M.E.; VINCENT, C.L. **Topological and geometrical properties of braided rivers**. Wat. Resour.Res., v6. p.74-88. 1970.

KELLERHALS R. and CHURCH, M. **The morphology of large rivers: characterization and management**. In Dodge, P. (ed.). Proceedings of the Large Rivers Symposium. Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, v.106, p.31-48. 1989.

KELLERHALS, R., M. CHURCH, and D. L. Bray. **Classification and analysis of river processes**. Journal of Hydraulics Division Proceedings, American Society of Civil Engineers, v.102. 1976.

LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI, E. **The Late quaternary evolution of the Negro river, Amazon, Brazil: Implications for Island and floodplain formation in large anabranching tropical systems**. 2005.

LATRUBESSE, M. E.; STEVAUX J.C. **Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil**. Z.Geomorph.N.F. Berlin, Suppl.-Bd.129, p.109-127, 2002.

LEOPOLD, L. e WOLMAN, M. **River channel pattern, braided, meandering and straight**. U. S. Geological Survey, 282p, 1957.

LEWIN, J. **Meander development and floodplain sedimentation: a case study from mid-Wales**. Geol. J., v.13, p.25-36. 1978.

MIALL, A.D. **A review of the braided-river depositional environment**. Earth-Science Reviews, v.13, p.1-62.1977.

MIALL, A.D. **Principles of Sedimentary Basin Analysis**. Springer-Verlag, p. 490. 1985.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (Mt) e a foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no**

período das décadas de 60 e 90. 2002. 176 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

MORAIS, R. P. **Geomorfologia da planície aluvial e descrição das morfologias associadas ao canal do Médio Araguaia.** 2006a (artigo 1).

MOSLEY, M. P. **Semi-determinete hydraulic geometry of river channels, South Island.** New Zeland. Earth Surface Processes and Landforms, v.6, p.127-137. 1981.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste.** Rio de Janeiro: IBGE. p. 23-34.1989

RICHARDS, K. S. **Rivers: Form and process in alluvial channels.** London: Methuen. 1982. 361 p.

RUST, B.R. A classification of alluvial channel systems. In Miall, A.(Ed.) **Fluvial Geomorphology.** Canadian Soc. Petrol. Geol, p.187-197. 1978

SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q. e STEVAUX, J. C. **Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR.** Boletim de Geografia – UEM, v.10, p.11-24. 1992.

THORNE, C.R.; RUSSEL, A.P.G.; ALAM, M.K. Platform pattern and channel evolution of Brahmaputra River, Bangladesh. In Best, J.L.; Bristow, C.S.(eds). **Braided Rivers.** Geol. Soc. of London Sepec. Pub, v.75, p. 257-276. 1993.

ARTIGO 3

**ESTIMATIVAS DO VOLUME E MASSA DOS PROCESSOS EROSIVOS E
SEDIMENTARES DO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA**

ESTIMATIVAS DO VOLUME E MASSA DOS PROCESSOS EROSIVOS E SEDIMENTARES DO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA

RESUMO

A dinâmica do canal do rio Araguaia, ao longo dos anos de 1965 e 1997, alteraram a morfologia do canal, causando grandes desequilíbrios nos processos de erosão e sedimentação. A migração lateral do canal desencadeou erosão das margens que estão associadas à planície aluvial, e promoveu uma intensa sedimentação no seu leito. O objetivo deste estudo foi determinar e quantificar em quais unidades da planície aluvial do Médio Araguaia os processos de erosão foram mais expressivos entre os anos de 1965 e 1997. Foi feita também uma estimativa média anual do volume e massa dos sedimentos erodidos e sedimentados no canal. A metodologia envolveu dados da quantificação areal dos processos de erosão e sedimentação lateral ao longo de 1965 e 1997, obtidos via SIG (Sistema de Informação Geográfica), e cálculos de volume e massa dos sedimentos. Constatou-se que os processos erosivos atuam mais intensamente destruindo unidades velhas da planície aluvial, onde, os sedimentos que retornam ao canal fluvial contribuem para formação da unidade mais jovem da planície, sendo intensamente retrabalhada pelos processos erosivos e sedimentares. Estimativas médias anuais de remoção de sedimentos da planície são da ordem 18.220 milhões de toneladas por ano e 25.440 milhões de toneladas anuais de materiais sedimentados no leito e ao longo das margens do canal. Isso significa que a estimativa média anual é de 7.220 milhões de toneladas de sedimentos armazenados no sistema, intensificando a sedimentação do canal.

Palavras chaves: Rio Araguaia, erosão e sedimentação, volume e massa de sedimentos.

ABSTRACT

The dynamic of the Araguaia river along the years of 1965 and 1997, modified the morphology of the channel causing major unbalances in the erosive and sedimentation processes. The lateral migration of the channel unchained the erosion of the banks associated to the alluvial plains, promoting an intense sedimentation of channel bed. The purpose of this study was to determine and quantify in which units of the alluvial plains of the middle Araguaia River happened the most expressive erosion processes between the years of 1965 and 1997. Also, an annual average estimation of the volume and mass of the eroded and sedimented sediments in the channel was done. The methodology evolved areal quantification data of the erosion and lateral sedimentation processes along the years of 1965 and 1997, obtained from the GIS (Geographic Information System) and also calculations of volume and mass of the sediments. It was verified that the erosive processes act more intensely destroying old units of the alluvial plains where the sediments that return to the fluvial channel contribute to the formation of the newest unit of the plain, which is intensely rebuilt by the erosive and sedimentary processes. Annual average estimations of removal sediments of alluvial plain reveals numbers like 18.220 million tons a year and 25.440 million tons a year of sedimented materials in the banks and beds of the channel. This means that the annual average estimation is 7.220 million tons of sediments stored in the system, intensifying the channel sedimentation.

Key words: Araguaia River, erosion and sedimentation, sediments volume and mass.

1 – INTRODUÇÃO

Os rios depositam sedimentos no seu leito e ao longo de suas margens, constituindo depósitos de canal ou associados na construção de sua planície de inundação. Numa escala de tempo anual e/ou de décadas, esses sedimentos podem permanecer armazenados ou serem remobilizados em consequência a uma maior atividade erosiva do canal. Para Meade (1988), o tempo que leva para que ocorra a remobilização de sedimentos armazenados na planície de inundação é muito superior em relação ao tempo necessário para remobilizar os sedimentos do leito. Os depósitos da planície de inundação dos rios são removidos principalmente pela erosão das margens, através do processo de migração lateral do canal.

Segundo Leopold et al. (1964), para que haja uma grande remobilização dos depósitos das planícies, são necessários períodos de tempo da ordem de milhares de anos, no caso, considerando que o rio não tenha uma tendência ao encaixamento formando terraços fluviais. Mas, segundo Schumm (1977), existem consideráveis variações na duração das escalas temporais para que as planícies de inundações possam ser remobilizadas.

Estudos realizados no médio rio Araguaia sobre as mudanças na morfologia do canal desencadeadas por processos de erosão e sedimentação, dentro de um curto intervalo de tempo entre 1965 e 1997, demonstraram o rápido processo de migração lateral do canal pela planície aluvial. Além de uma intensa sedimentação nas margens do canal e no seu leito, sendo interpretados como indícios de processos de assoreamento (Morais, 2002). Partindo desta base de dados numa abordagem multi-disciplinar envolvendo geomorfologia, hidrologia, engenharia hidráulica e sedimentaologia, Latrubesse et al. (no prelo) estimaram que aproximadamente 233 milhões de toneladas de sedimentos foram armazenados no canal e na planície do rio Araguaia entre 1965 e 1997, em consequência ao rápido processo de desmatamento do Bioma Cerrado.

Morais (2002) identificou que alguns segmentos do canal são mais ativos do ponto de vista erosivo e sedimentar, mas não levou em consideração quais unidades da planície aluvial do médio Araguaia foram retrabalhadas pelos processos de erosão e sedimentação entre os anos de 1965 e 1997. A migração lateral do canal atua como mecanismo de destruição de determinadas unidades da planície aluvial, removendo sedimentos e depositando-os no canal na forma de barras arenosas. As barras podem evoluir se deslocando lateralmente e se anexando às margens do canal, esse mecanismo está associado a evolução de unidades mais jovens da planície aluvial (Morais, 2006a)

Neste sentido, supõe-se que em razão dos processos acelerados de erosão e sedimentação no canal desencadeados nos últimos anos, o canal do médio Araguaia estaria erodindo as unidades mais velhas da planície aluvial e utilizando os sedimentos removidos para o crescimento lateral da planície mais jovem, que está associada diretamente ao canal fluvial. Baseado nessa interpretação, o trabalho aqui apresentado tem como objetivo, 1) determinar e quantificar quais unidades geomorfológicas da planície aluvial do médio Araguaia foram mais intensamente retrabalhadas entre 1965 e 1997; 2) estimar a média anual dos sedimentos erodidos e sedimentados no canal do Médio Araguaia determinando a massa e o volume.

2 – ÁREA DE ESTUDO

O Araguaia é um grande rio aluvial que tem cerca de 2.110 km de extensão. Sua bacia tem uma área de 380.000 km² com vazão média de 6.420 m³/s. O clima na área da bacia é do tipo continental tropical úmido (Cw) na classificação de Köeppen, com temperatura média anual de 22° C e precipitação média entre 1300 mm a 1800mm (Nimer, 1989). Inserida quase totalmente dentro da região de domínio do Cerrado, o Araguaia se constitui na principal artéria que drena esse Bioma

O rio Araguaia é dividido em três trechos: alto Araguaia com extensão de 450 km de canal, drena áreas de rochas cristalinas pré-cambrianas, rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Paraná. O médio Araguaia com 1.160 km de extensão caracteriza-se pelo desenvolvimento de sua planície aluvial formada por sedimentos Cenozóicos terciários e quaternários. O baixo Araguaia, com 500 km de extensão, não desenvolve planície aluvial, drenando rochas cristalinas pré-cambrianas do Escudo Brasileiro (Latrubesse e Stevaux, 2002).

Sua planície é um mosaico de unidades morfossedimentares formadas por sedimentos Quaternários do Pleistoceno tardio e Holoceno, onde se reconhecem três unidades morfossedimentares que dão origem à planície aluvial atual: I - planície de escoamento impedido, II – planície de paleomeandros e III – planície de acreção de barras e ilhas (Latrubesse e Stevaux, 2002; Bayer, 2002; Morais, 2006a).

O rio Araguaia no médio curso caracteriza-se por ser um canal do tipo anabranching de baixa sinuosidade, com tendência ao entrelaçamento. Transporta abundante carga de fundo (areias), e as barras e ilhas são as feições aluviais principais ao longo do canal.

A área deste estudo está inserida no médio Araguaia, e tem aproximadamente 580 km de canal, localizada entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a confluência do Araguaia com o rio Cristalino. O canal está dividido em dez segmentos, segundo a compartimentação do canal proposta por Moraes (2002) (figura 1).

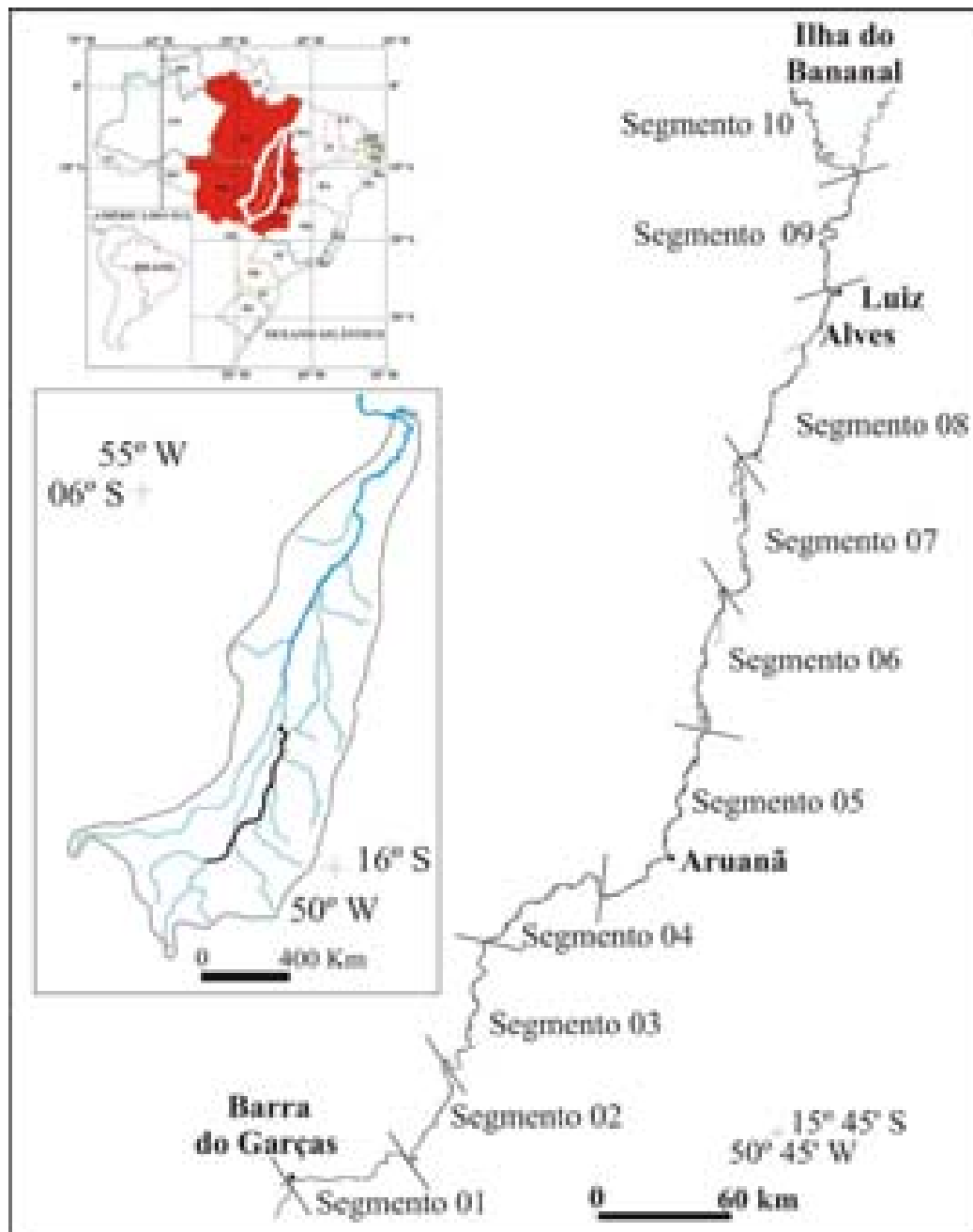


Figura 1: Localização da área de estudo

3 – METODOLOGIA

3.1 – Etapa 1

O mapa de processos erosivos e sedimentares do canal do médio Araguaia entre 1965 e 1997 (Morais, 2002), foi cruzado com o mapa de unidades da planície aluvial que é composto por três unidades (planície de escoamento impedido, planície de paleomeandros e planície de acreção de barras e ilhas), todos elaborados na mesma escala de 1:100000 (Morais, 2006a).

Com a sobreposição desses dois produtos cartográficos, foi possível obter as áreas de cada unidade removidas pelos processos de erosão lateral, e das áreas sedimentadas no canal ao longo destes 32 anos (1965 e 1997). Foram gerados relatórios areais pelo programa SPRING (Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada)

Os valores areais foram obtidos para os 580 km de extensão do médio Araguaia. O canal, ao longo dessa extensão, está dividido em dez segmentos, conforme os padrões tectônicos que controlam o rio Araguaia proposto por Moraes (2002).

3.2 – Etapa 2

Objetivando determinar a quantidade de sedimentos remobilizados por erosão e sedimentação ao longo do período analisado, procedeu-se a quantificação do volume e massa. Esse cálculo foi realizado nos dez segmentos do canal. A primeira base de dados utilizada foram os valores areais dos processos erosivos e sedimentares do canal entre 1965 e 1997 e a espessura dos depósitos sedimentares da planície, ilhas e barras de canal.

O mapa de processos erosivos e sedimentares, é composto por treze categorias que foram agrupadas de acordo com o processo a que pertencem:

- I – Processos Erosivos no Canal Fluvial: 1 – Erosão lateral; 2 – Erosão em ilhas residuais; 3 – Ilhas erodidas; 4 – Erosão em ilhas anexadas à planície de inundação.
- II – Processos Sedimentares no Canal Fluvial: 1 – Sedimentação lateral; 2 – Sedimentação em núcleo de ilhas residuais; 3 – Ilhas anexadas à planície de inundação; 4 – Ilhas residuais anexadas por sedimentação para formação de uma nova ilha; 5 – Sedimentação em ilhas residuais em setores erosionados; 6 – Núcleo de ilhas residuais; 7 – Ilha nova em setor erosionado; 8 – Ilha nova no canal; 9 – Sedimentação lateral em setor erosionado (figura 2).

As classes 3, 4 e 6 não entram no balanço areal por serem consideradas morfologias residuais do canal.

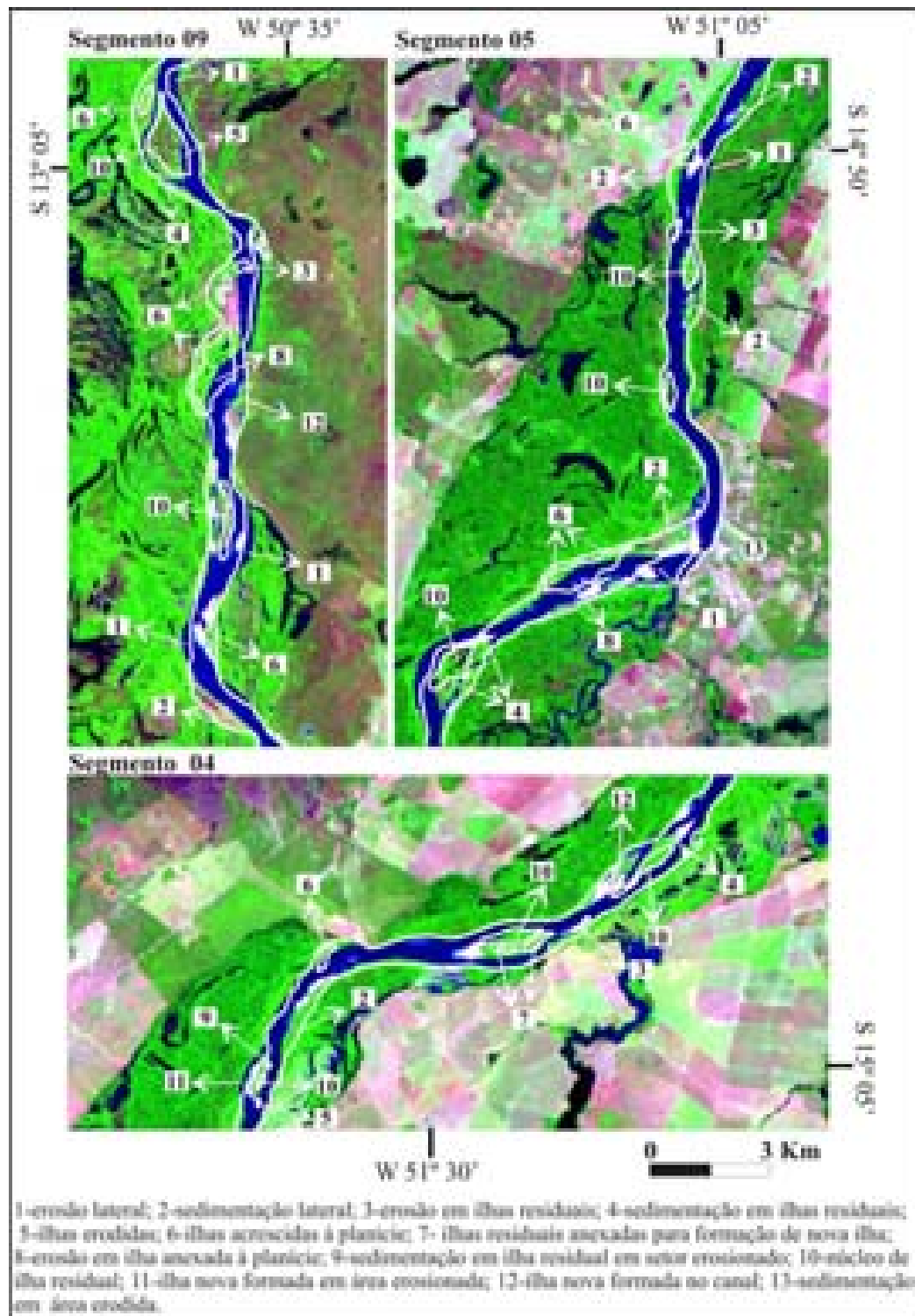


Figura 2: Processos erosivos e sedimentares associados ao canal do Médio Araguaia. Imagens de satélite Landsat 5 TM do ano de 1997, as linhas brancas indicam a posição do canal no ano de 1965.

As espessuras dos sedimentos foram obtidas a partir da análise de vários perfis sedimentológicos levantados ao longo do rio Araguaia nos barrancos do canal e perfurações na planície aluvial por sonda vibra-core. Definiu-se uma média da espessura dos depósitos de 6,7m, sendo 4,7m de areias (base) e 2m de sedimentos finos silte-argila (topo). A equação para esse cálculo é a seguinte: $V = A \times E$, onde, V=volume; A=área erodida e sedimentada; E=espessura dos depósitos. A unidade de medida do volume das áreas foram estimadas em m^3 .

De posse do volume, procedeu-se o cálculo da massa para determinar a quantidade de material erodido e sedimentado. A fórmula para cálculo de massa é: $M = \partial \times V$, onde, M=massa; ∂ =densidade aparente dos sedimentos (corridos em função da porosidade dos sedimentos) (Latrubesse et al., no prelo); V=volume. A densidade aparente das areais é de $1,490 \text{ kg/m}^3$ e para os sedimentos finos $1,328 \text{ kg/m}^3$. A unidade de massa dos sedimentos foi estimada em toneladas.

O balanço médio anual de material erodido e sedimentado foi obtido dividindo-se os valores de volume e massa de cada segmento do canal pelo tempo em que os processos erosivos e sedimentares atuaram, no caso 32 anos.

4 – DADOS GERAIS DA PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO ARAGUAIA

A planície aluvial do médio Araguaia, considerando o trecho de estudo, ocupa uma área de $2106,88 \text{ km}^2$, e é composta por três unidades morfossedimentares: Planície de escoamento impedido (Unidade I) ocupa uma área de $836,88 \text{ km}^2$, correspondendo a 39,72% da área da planície aluvial. A planície de paleomeandros (Unidade II) tem uma área de $981,97 \text{ km}^2$ e representa 46,11% da área total. A planície de acreção de barras e ilhas (Unidade III) tem área de $166,35 \text{ km}^2$ que corresponde a 7,89% no total da planície (Morais, 2006a). Os sistemas lacustres têm uma distribuição bastante homogênea principalmente pelas superfícies das unidades I e II.

5 - FATORES QUE DETERMINAM A INTENSIDADE EROSIVA NAS DIFERENTES UNIDADES DA PLANÍCIE ALUVIAL

O padrão do canal em planta, o seu grau de sinuosidade, as formas deposicionais presentes no leito, a geometria das seções transversais, estão entre os fatores geomorfológicos que podem exercer influência sobre a erosão marginal.

Segundo Hooke (1977), as características sedimentológicas das margens influenciam a distribuição da erosão marginal. Fernandez (1990), em estudos realizados no rio Paraná, chegou a conclusão que margens do tipo alta, com perfil íngreme e granulometria grosseira (material arenoso), são as que apresentam maiores taxas de erosão marginal.

Verificou-se no rio Araguaia que três parâmetros do canal fluvial influenciam numa maior ou menor intensidade de remoção de sedimentos da planície aluvial: a extensão do contato das margens do canal com a respectiva unidade a ele associada, a sinuosidade (retilínea ou curva) do trecho do canal no contato com a unidade e a sedimentologia da planície.

As unidades morfossedimentares da planície do rio Araguaia não seguem um padrão regular de distribuição ao longo do canal. Em alguns segmentos elas podem não existir, ou estar amplamente distribuídas ao longo de suas margens (figura 3).

A sinuosidade é definida por Church (1996), como mecanismo de dissipação de energia. Segundo (Simons, 1982), um segmento de margem mais sinuosa tem uma alta probabilidade de sofrer erosão, cuja magnitude vai depender da velocidade de fluxo, da forma de distribuição da velocidade e das características do material da margem. A sinuosidade, portanto, introduziu um outro mecanismo nessa análise.

Verificou-se que a erosão da planície em alguns trechos retilíneos do canal atua longitudinalmente produzindo estreitas faixas erodidas. As erosões ligadas a trechos mais sinuosos ou em curvas de meandros caracterizam por menor extensão longitudinal e faixas erodidas de maior largura.

A sedimentologia de cada unidade da planície sem dúvida responde por uma maior ou menor estabilidade das margens do canal, considerando que os sedimentos não coesivos (areias) são mais facilmente erodíveis do que os sedimentos coesivos (silte e argila).

A composição sedimentológica da unidade I caracteriza-se por depósitos silto-argilosos. A unidade II apresenta na sua base, sedimentos arenosos e na parte superior sedimentos finos (silte-argila), e a unidade III é formada essencialmente por areias de diferentes granulometrias (Latrubesse e Stevaux, 2002).



Figura 3: Unidades Morfo-Sedimentares da planície aluvial do Médio Araguaia (Imagem Landsat 5 TM).

6 – TAXAS AREAIS DE REMOBILIZAÇÕES DE SEDIMENTOS DA PLANÍCIE ALUVIAL POR PROCESSOS EROSIVOS

A área total de remobilização de sedimentos da planície aluvial do médio rio Araguaia, e de pequenas áreas de terraços adjacentes ao canal é de 48,49 km², o que

representa cerca de 2,3% de toda a área da planície. Parece pouco, mas do ponto de vista da atividade lateral, apresenta mudanças significativas para a morfologia do canal.

A tabela 1 sintetiza o resultado das perdas areais provocados pelos processos erosivos, que atuaram entre 1965 e 1997 em cada unidade que compõe a planície aluvial do médio Araguaia. A distribuição desse processo está espacializada pelos dez segmentos do canal, objetivando identificar e comparar os trechos onde as remoções de sedimentos são mais evidentes.

Tabela 1: Áreas remobilizadas das unidades morfo-sedimentares da planície aluvial do médio Araguaia, por erosão marginal.

Segmentos do canal	Erosão Unidade I (Km ²)	Erosão Unidade II (Km ²)	Erosão Unidade III (Km ²)	Erosão Terraço (Km ²)	Erosão total (Km ²)
1	0	0	1,79	0,54	2,33
2	0	0,23	1,02	0,16	1,41
3	0,50	3,86	2,02	0,43	6,81
4	1,25	1,39	0,70	0,18	3,52
5	0,85	1,35	3,76	0,23	6,19
6	1,65	1,35	2,79	0,31	6,10
7	1,82	2,46	1,58	0,04	5,90
8	0,58	3,80	2,31	0,08	6,77
9	0	3,83	0,52	0	4,35
10	1,24	0,97	2,26	0,64	5,11
Total	8,03	19,10	18,75	2,61	48,49

Fonte: autor.

6.1 – Unidade I - planície de escoamento impedido

De acordo com a tabela 1, a unidade I da planície perdeu cerca de 8,03 km² de área marginal ligadas ao canal do rio Araguaia, entre os anos de 1965 e 1997. Isso representa 16,56% do total da atividade erosiva do período. Os segmentos 4, 6, 7 e 10 foram os mais ativos, mas destaca-se que os segmentos 6 e 7, juntos, representam 43,21% da maior capacidade de remobilização dos sedimentos que compõe essa unidade. Nos segmentos 3, 5, 8 e 10, existem consideráveis áreas onde os processos de remobilização foram atuantes. No segmento 1, essa unidade não se desenvolve e no segmento 2, permanece na proximidade distal do canal, portanto, sem sofrer influências das suas atividades erosivas.

A tabela 2 sintetiza os valores do comprimento das margens erodidas e a largura média das áreas removidas da unidade I. Destaca-se que a extensão das margens é resultado

do somatório das margens erodidas de ambos os lados do canal. A largura média é resultado da divisão da área de erosão pelo comprimento das margens.

Tabela 2: Extensão das margens erodidas e larguras médias das áreas removidas da unidade I da planície do médio Araguaia.

Segmentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Erosão Unid. I (Km ²)	0	0	0,50	1,39	0,85	1,65	1,82	0,58	0	1,24	8,03
Comprimento das margens erodidas (km)	0	0	2,44	8,05	7,76	11,14	14,74	5,10	0	7,10	56,33
Largura média (m)	0	0	204	172	109	148	123	113	0	174	149

Fonte: autor.

Iniciando a análise pelo segmento 3, podemos identificar na tabela 2 que a área removida dessa unidade é a menor em relação aos demais segmentos, contudo, observa-se na tabela 2 que esse segmento apresenta a maior largura média de área lateral erodida, 204m. Nesse caso, a área erodida está associada diretamente a uma curva de meandro, intensificando a atividade erosiva. Os segmentos 4 e 10 também apresentam características similares.

A unidade I está muito bem distribuída pelo segmento 5 ao longo da margem direita do canal, associada a um trecho retilíneo. O segmento 8 apresenta as mesmas características, ou seja, erosão marginal associada ao comprimento das margens relativamente elevada. Nos segmentos 6 e 7 intercalam-se trechos retilíneos e curvos, mas independentemente da sinuosidade, a unidade I se distribui praticamente ao longo de toda a extensão desses segmentos, gerando faixas erodidas e alongadas em toda a borda da unidade. Isto resulta em áreas de elevada erosão marginal e comprimento de margens mais extensas.

6.2 - Unidade II - planície de paleomeandros

A unidade I da planície perdeu cerca de 19,10 km² de área entre 1965 e 1997. Isto representa 39,38% do total da atividade erosiva do período. Os segmentos 3, 7, 8 e 9 foram os que mais removeram sedimentos dessa unidade. Mas de modo geral, todos os segmentos foram afetados, com exceção do segmento 1, onde essa unidade não se desenvolve (tabela 1). A distribuição da planície de paleomeandros se dá ao longo de toda a extensão do canal do médio Araguaia, ocupando uma área bem próxima ao canal principal. Essa característica

favorece uma maior intensidade de processos erosivos nas margens, provocada pela migração do canal.

Na tabela 3 podemos observar o comportamento dos valores de comprimento das margens erodidas e a largura média das áreas removidas da planície de acreção de ilhas e barra.

Tabela 3: Extensão das margens erodidas e largura média das áreas removidas da unidade II da planície do médio Araguaia.

Segmentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Erosão Unid. II (Km ²)	0	0,23	3,86	1,25	1,35	1,35	2,46	3,80	3,83	0,97	19,10
Comprimento das margens erodidas (km)	0	2,37	27,18	10,79	15,57	8,40	15,57	26,06	20,46	10,07	136,47
Largura média (m)	0	97	142	115	86	160	157	145	187	96	131,66

Fonte: autor.

A alta taxa areal de erosão lateral de sedimentos dessa unidade deve-se à sua ampla distribuição espacial por toda a extensão do canal e a composição sedimentológica de seus depósitos, constituídos de uma base arenosa onde se sobrepõem sedimentos finos. Na análise dessa unidade, essas duas variáveis assumem um peso maior do que a sinuosidade em alguns trechos do canal. Isso não significa que a sinuosidade não seja importante, mas considerando a grande extensão das margens erodidas e a erodibilidade dos sedimentos associados a essa unidade, as larguras médias assumem valores diferentes. Destaca-se, nesse contexto, os segmentos 3 e 9 que apresentam os maiores valores de áreas marginais removidas, extenso comprimento de margens e altos valores de largura média de remoção de sedimentos (tabela 3). Nesses dois casos, a sinuosidade de algumas curvas do canal tem influência direta na erosão dessa unidade.

6.3 - Unidade III - planície de acreção de barras e ilhas

A unidade III da planície aluvial do médio Araguaia é a mais intensamente remobilizada pelos processos erosivos, considerando sua área total original de 166,35 km². Entre os anos de 1965 e 1997, a erosão lateral do canal consumiu cerca de 18,75 km² de área das margens dessa unidade do canal principal. Do total da atividade erosiva, isso representa

38,66% da área de sedimentos que foram remobilizados. Essa unidade geomorfológica está associada diretamente ao canal fluvial, ficando susceptível à sua dinâmica hidrológica. Esse fato resulta em atividades erosivas e de acreção lateral de sedimentos extremamente elevadas.

Na tabela 4, podemos observar o comportamento dos valores do comprimento das margens erodidas e a largura média das áreas removidas dessa unidade.

Tabela 4: Extensão das margens erodidas e largura média das áreas removidas da unidade III da planície do médio rio Araguaia.

Segmentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Erosão Unid. III (Km ²)	1,79	1,02	2,02	0,70	3,76	2,79	1,58	2,31	0,52	2,26	18,75
Comprimento das margens erodidas (km)	17,86	11,05	17,26	6,02	26,95	18,04	15,10	16,72	3,19	16,57	151,76
Largura média (m)	100	92	117	116	139	154	104	138	163	136	125,9

Fonte: autor.

A unidade de acreção está distribuída em todos os segmentos do canal do médio Araguaia. Os altos valores areais de erosão de suas margens (tabela 1) devem-se à influência direta que o canal exerce sobre essa unidade. Em razão dessa característica, a extensão das margens erodidas dessa unidade são maiores quando comparadas às demais unidades da planície. Esse fato contribui para que a largura média das faixas erodidas seja menor, pois há uma tendência de distribuição longitudinal dos processos erosivos ao longo do canal.

As atividades sedimentares de acreção lateral são de fundamental importância para a construção dessa unidade geomorfológica. No período entre 1965 e 1997, cerca de 66,91 km² de área sedimentar foi incorporada à planície acrescida de barras e ilhas o que representa 40,22% da área dessa unidade, ou seja, vemos que em 32 anos o percentual de crescimento da unidade III foi grande, e que só pode ter ocorrido, a partir de uma intensa e constante descarga de sedimentos no canal fluvial, ainda que se considere que os sedimentos erodidos das unidades da planície aluvial também tenham entrado no sistema como nova carga a ser transportada. Tais fatores levam a deduzir que nestes últimos 32, anos houve uma intensa remoção de sedimentos das unidades mais antigas da planície (I e II) que uma vez erosionadas não se formam mais. Nesse sentido, o material removido volta como carga sedimentar ao canal para ser transportado e participar dos processos de acreção lateral que

contribuem para o crescimento da unidade III que em razão do regime hidrológico do canal, também sofre intensamente com os processos erosivos, sendo constantemente remobilizados.

Vemos assim que, conforme discute Meade (1982), que o tempo gasto na remoção de materiais da planície tende a ser muito superior à capacidade do canal em remover seus depósitos de canal, não condiz com a realidade encontrada no rio Araguaia, considerando que as migrações laterais do canal e a remoção da grande quantidade de sedimentos da planície aluvial tenham iniciado a partir de 1965.

6.4 – Terraços

Terraços fluviais representam antigas planícies de inundação que foram abandonadas e são compostas por materiais relacionados à antiga planície. Morfologicamente surgem como superfícies aplainadas, de largura variada, limitada por uma escarpa em direção ao curso do canal (Christofoletti, 1980). As áreas de terraço do rio Araguaia não foram incluídas no mapeamento como unidades da planície aluvial, portanto não se conhece sua real dimensão.

Em alguns trechos do canal do Araguaia, onde não se desenvolve planície aluvial, o canal fica encostado diretamente ao terraço. Nesses locais, os processos erosivos atuam devido à migração lateral. O total da área erodida das margens do terraço do rio Araguaia foi de 2,55 km². Esse valor representa 5,26% do total das atividades erosivas entre 1965 e 1997 em toda área. A tabela 5 traz os dados areais de remoção das margens dessa superfície, além do comprimento das margens erodidas e a largura média da margem remobilizada.

Tabela 5: Extensão das margens erodidas e largura média das áreas removidas da unidade III da planície do médio rio Araguaia.

Segmentos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Erosão em terraço (km ²)	0,54	0,16	0,43	0,18	0,23	0,31	0,04	0,08	0	0,64	2,61
Comprimento das margens erodidas (km)	6,31	1,63	1,38	2,18	2,12	2,90	0,57	0,91	0	6,73	24,73
Largura média (m)	85	98	311	82	108	106	70	87	0	95	115,7

Fonte: autor.

Com exceção do segmento 9 que representa um dos trechos do canal onde a planície aluvial e suas três unidades estão melhor desenvolvidas, esse foi o único segmento onde os processos de erosão lateral não afetaram áreas de terraços. Os segmentos 1 e 10 são os trechos

do canal onde o processo erosivos foram mais intensos. Isso se deve ao fato de que tais segmentos não apresentam uma planície aluvial desenvolvida e o canal fluvial está encostado diretamente a esta unidade. O comprimento das margens erodidas apresentam os menores valores, comparando-se com as demais unidades, mas do ponto de vista da largura média das margens removidas, os valores são próximos aos encontrados ao longo das unidades I, II e III da planície aluvial.

Não se pode fazer maiores considerações sobre essa unidade geomorfológica, pois do ponto de vista sedimentológico e constituição dos seus depósitos, ela ainda não foi prontamente descrita.

7 – ESTIMATIVA MÉDIA ANUAL DO MATERIAL ERODIDO E SEDIMENTADO NO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA

A erosão marginal está diretamente ligada à migração lateral do canal, portanto, pode ser considerada um dos principais processos na remobilização de sedimentos nos canais fluviais. Segundo Hooke (1997), a mudança no curso dos rios provocada pela erosão marginal está associada ao desenvolvimento da planície. A compreensão dos seus processos é de fundamental importância para se entender o desenvolvimento das morfologias fluviais.

No Brasil, os estudos sobre erosão marginal são poucos, e tem suas causas ligadas a construção de barragens. Destacam-se nesse sentido trabalhos no rio Paraná (Fernandez, 1990), no rio São Francisco (Fontes, 2003).

Na área de estudo ao longo de 580 km de extensão, a remoção de sedimentos por erosão ao longo de 32 anos foi de 402.560 milhões de m³, o que equivale a 584 milhões de toneladas, e quanto a sedimentação foi de 565.620 milhões de m³ correspondente a 818.650 milhões de toneladas. Latrubesse et al. (no prelo) estimou que nesse período a quantidade de sedimentos que ficaram efetivamente armazenados no sistema foi de aproximadamente 233 milhões de toneladas.

A média anual do volume erodido estaria em torno de 12.540 milhões de m³, o que corresponde a 18.200 milhões de toneladas, e sedimentando cerca de 17.610 milhões de m³, equivalente a 25.440 milhões de toneladas.

A tabela 6 exibe os valores de volume e massa calculados para os dez segmentos do canal do médio Araguaia, no período entre 1965 e 1997, onde também se obteve uma estimativa média anual da quantidade de material sedimentar dos processos de erosão e

sedimentação do canal. Pela diferença entre o que foi sedimentado e o que foi erodido, é possível estimar, em função do tempo, a quantidade de sedimentos arenosos que ficaram retidos em cada segmento de canal a cada ano.

Tabela 6: Dados referentes ao volume e massa de sedimentos erosionados e sedimentados no canal do Médio Araguaia.

Segmentos	Período entre 1965 e 1997				Média anual estimada			
	Volume 10 ⁶ (m ³)		Massa 10 ⁶ (ton)		Volume 10 ⁶ (m ³)		Massa 10 ⁶ (ton)	
	Erosão	Sedimentação	Erosão	Sedimentação	Erosão	Sedimentação	Erosão	Sedimentação
1	16,34	19,69	23,55	28,38	0,51	0,61	0,73	0,88
2	9,44	19,9	13,61	31,57	0,29	0,62	0,42	0,98
3	47,31	56,06	72,53	80,84	1,47	1,75	2,26	2,52
4	29,81	74,1	42,97	106,82	0,93	2,31	1,34	3,33
5	58,96	84,42	84,99	121,69	1,84	2,63	2,65	3,80
6	52,72	70,68	76,01	101,89	1,64	2,20	2,37	3,18
7	50,92	68,4	73,4	98,61	1,59	2,13	2,29	3,01
8	56,07	61,03	80,84	87,98	1,75	1,90	2,52	2,74
9	42,07	63,24	60,64	91,17	1,31	1,97	1,89	2,84
10	38,92	48,1	56,11	69,35	1,21	1,5	1,75	2,16
Total	402,56	565,62	584,65	818,3	12,54	17,62	18,22	25,44

Fonte: autor.

De acordo com a tabela 6, as quantidades de volume e massa podem variar bastante entre um segmento do canal e outro. Isso porque, cada segmento está condicionado a receber volumes diferenciados de descargas de sedimentos que são transportados pelos afluentes do médio Araguaia. Destaca-se dez grandes sub-bacias afluentes que deságuam ao longo do canal na área de estudo. Os sedimentos produzidos na área dessas sub-bacias, em consequência do uso da terra, são transportados pela rede hidrográfica onde o destino final é o canal principal do Araguaia.

Os segmentos de canal 4, 5, 6 e 7 de acordo com a tabela 6, apresentam as maiores diferenças entre volume e massa de material erodido e sedimentado. A estimativa média anual é de que no segmento 4, o volume de sedimentos armazenados são de 1.990 milhões de toneladas. Analisando a distribuição do percentual areal das sub-bacias, é possível notar que no final segmento 3, mais de 51% de toda a área de drenagem das sub-bacias já aportaram no canal ao longo dos segmentos 1, 2 e 3. A diferença no volume de material removido e sedimentado nos segmentos 1 e 2, juntos, é pequena quando comparados a outros segmentos;

cerca de 710 mil toneladas por ano aproximadamente. Os segmento 1 e 2 são trechos do canal encaixados em rochas cristalinas e condicionados por estruturas de falhas tectônicas, estas características naturais proporcionam uma resistência maior a intensidade das atividades erosivas. Nesse sentido eles assumem uma maior capacidade de transferir para jusante os sedimentos provenientes das sub-bacias que neles aportam.

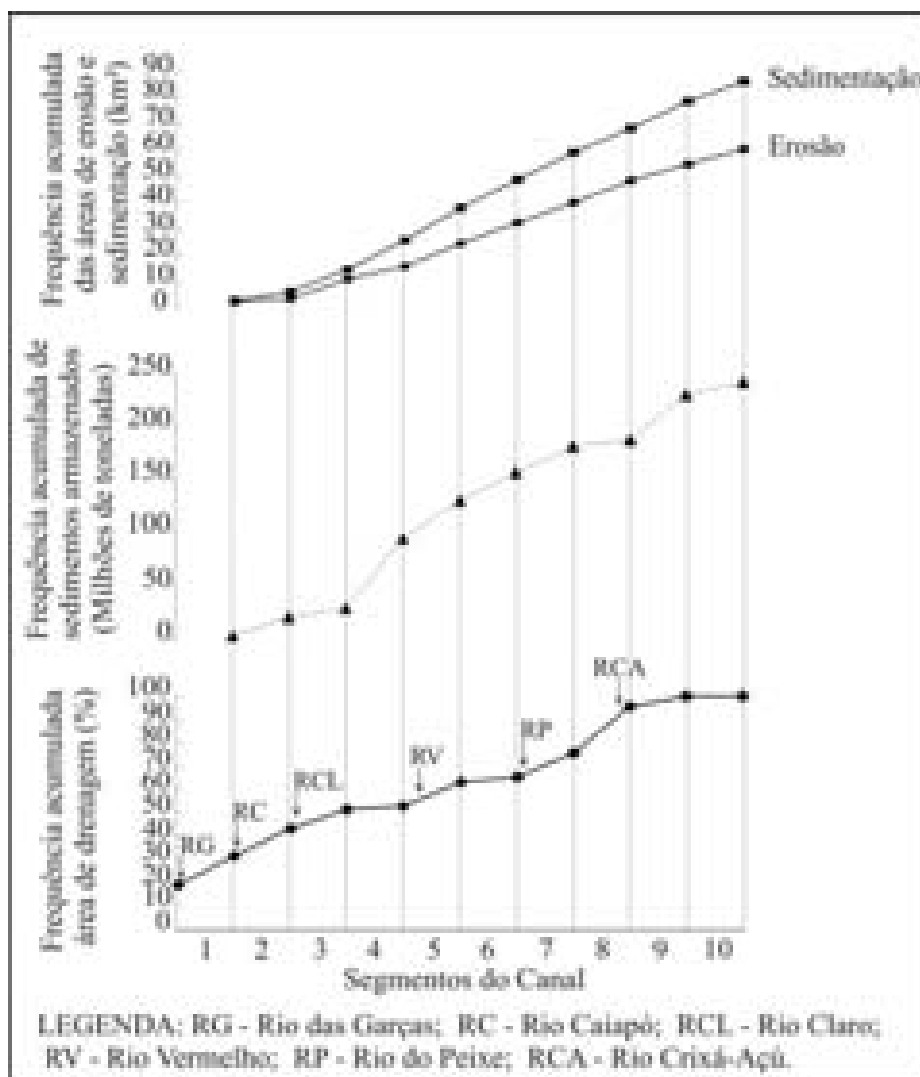


Figura 4: Frequência acumulada da área de drenagem associada aos processos de erosão e sedimentação e quantidade de sedimentos armazenados ao longo dos dez segmentos do canal do médio Araguaia.

No segmento 3, verifica-se um aumento considerável do volume e massa dos sedimentos, contudo, estima-se que ao longo de um ano cerca de 260 mil toneladas ficaram retidas nesse trecho do canal. A partir do segmento 4 até o 7, evidencia-se um aumento no

volume e massa referentes à intensidade da dinâmica anual dos processos erosivos e sedimentares. Os segmentos 4 e 5 são as áreas correspondentes às maiores quantidades de material armazenado, superior a 1 milhão de toneladas anuais e vai decrescendo daí em diante em relação aos segmentos de jusante. No segmento 8, esses valores diminuem bastante, considerando que a entrada de grandes afluentes ocorreram no início do segmento 7 e posteriormente no final do segmento 8. No segmento 9, a quantidade armazenada de sedimentos chega a 850.000 milhões de toneladas anualmente.

Observou-se que nos segmentos onde se observou altas quantidades de volume e massa, com saldos positivos para a sedimentação, verificou maior armazenamento de materiais arenosos no sistema fluvial. A figura 4 mostra claramente a influência que a área das sub-bacias exercem na descarga de sedimentos e conseqüentemente no armazenamento desses materiais pelos segmentos. Tal fato implica em grandes alterações para a morfologia do canal e seus elementos fluviais. Pode-se destacar o aumento progressivo da quantidade barras de canal, canais assoreados e conseqüentemente, de ilhas anexadas à planície por assoreamento e associado principalmente aos segmentos 4,5,6 e 7 do canal (Morais, 2006b).

Sabe-se que as morfologias dos canais são um reflexo da quantidade e tipos de sedimentos que o rio é capaz de transportar. No caso do rio Araguaia, pode-se dizer que há uma maior descarga de sedimentos nesse sistema fluvial, conduzindo-o ao processo de agradiação. O que desperta a atenção é o tempo envolvido nesse processo que é extremamente curto, considerando que as mudanças de ordem natural nos sistemas fluviais ocorrem ao longo do tempo geológico. Respostas rápidas de mudanças dessa natureza estão associadas a interferências antrópicas na área da bacia, como uso da terra, por exemplo, que altera significativamente a quantidade de sedimentos nas bacias de drenagem.

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou basicamente dois temas cujos resultados permitem fazer algumas considerações sobre o comportamento erosivo e sedimentar do médio rio Araguaia dentro de um curto intervalo temporal, registrado entre os anos de 1965 e 1997. Em uma primeira abordagem, procurou-se determinar a intensidade erosiva na planície aluvial do médio Araguaia ao longo destes 32 anos. Verificou-se que algumas características da própria morfologia do canal e sedimentológicas da planície aluvial conduziam a uma maior ou menor atuação dos processos erosivos. Três parâmetros são fundamentais nessa influência: a

extensão das margens do canal em contato com as unidades morfossedimentares da planície, a natureza dos materiais que a compõe (sedimentologia) e a sinuosidade de determinados trechos do canal.

Das três unidades que formam a planície aluvial, a unidade de escoamento impedido está menos propícia à atuação das atividades erosivas, desencadeadas pela migração lateral do canal. Essa unidade é a mais distante da influência direta do canal principal, apresentando pequenas extensões de margens associadas a suas bordas internas. Sedimentologicamente, é formada por materiais coesivos, mais resistentes à erosão. A sinuosidade de determinados trechos do canal podem ter um peso maior na erosão de suas margens, haja vista que em alguns trechos meandriformes, o canal encontra-se cortando esta unidade.

A planície de paleomeandros é a unidade onde os processos erosivos mais atuam, isso devido a sua proximidade com o canal principal do rio Araguaia e por ser a unidade de maior distribuição areal no total da planície. Apresenta grandes extensões de margens do canal que bordeia seus limites internos. É formada por uma base arenosa e sedimentos finos sobrepostos. A sinuosidade de determinados trechos do canal também contribui bastante na atuação dos processos erosivos em suas margens.

A planície de acreção de barras e ilhas está associada diretamente às influências do regime hidrológico do canal. Essa característica pré-dispõe a unidade a elevadas taxas areais de remoção e retrabalhamento de sedimentos. Essa unidade é formada por sedimentos arenosos de diversas granulometrias, extremamente erodíveis. Assim como a unidade de paleomeandros, a planície de acreção de ilhas e barras respondem por aproximadamente 78% de toda a área erodida das margens da planície aluvial do médio Araguaia.

O total de área erodida das unidades da planície é de 48,49 km². Contudo, a área sedimentada é de 66,91 km². Toda essa área está associada aos processos de atividades lateral da planície de acreção de barras e ilhas, respondendo por 40,22% do total areal dessa unidade.

No geral, o que realmente se comprova é que está ocorrendo uma destruição gradativa e intensa das unidades mais antigas em detrimento da construção da unidade de acreção de ilhas e barras. Porém, destaca-se que essa unidade está em processo de evolução e sofre constantemente remobilizações devido ao intenso trabalho erosivo e sedimentar do canal, a qual está diretamente associada.

Considerando as altas taxas de erosão e sedimentação associadas ao canal e a remoção de sedimentos da planície aluvial do médio Araguaia, a segunda abordagem deste trabalho, foi quantificar o volume e a massa dos sedimentos removidos e remobilizados entre os anos

de 1965 e 1997. A partir desse intervalo temporal, entre 1965 e 1997 estimou-se as taxas anuais de volume e massa dos sedimentos erodidos, depositados e armazenados em cada um dos dez segmentos de canal.

A diferença ressalta entre um segmento e outro pela intensidade da capacidade erosiva e sedimentar. Verificou-se que esses processos tem relação direta com as sub-bacias que deságuam no Araguaia e estão distribuídas ao longo dos segmentos. De um total de 118.021 km² de área de drenagem que deságuam no trecho analisado, cerca de 51% da drenagem total acumulada já se distribuiu até o segmento 3. Com isso, nota-se que a partir do segmento 4 até o segmento 7, onde a área de drenagem alcança mais de 75%, está a área de maior concentração dos volumes e massa de sedimentos erodidos no canal e depositados ao longo da planície de acreção de barras e ilhas. A estimativa média anual de armazenamento de sedimentos ao longo do canal é de 7.220 milhões de sedimentos por ano.

A rápida intensidade dos processos erosivos e sedimentares nesse sistema fluvial, considerando o tempo em que vem ocorrendo, são indicativos claros de que fatores indiretos, como desmatamento e uso da terra intensificaram a descarga de sedimentos no sistema. Esses sedimentos foram distribuídos pela rede hidrográfica dos afluentes e aportaram no canal principal, causando, assim, um reajuste nas formas e nos processos geomórficos do canal e da planície aluvial do médio Araguaia ao longo desses 32 anos, entre 1965 e 1997.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho**. 2002. p.138. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.2002.

BRINSTOW, C.S.; BEST, J.L. **Braided Rivers**. Geological Society Especial Publication No75. The Geological Society, London, p.1-11. 1993.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. v.2^a. Edgar Blüchler, São Paulo. 1980.

CHURCH, M. Channel morphology and Typology. In: (G. Petts and P. Calow, eds.) **River Flows and Channel Forms**. Blackwell Science, Lonsres, p.185-202. 1996

FERNANDEZ, O.V.Q. **Mudanças no canal do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico (PR)**. 1990. 96p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, SP. 1990.

FONTES, L.C.S. **Erosão marginal o baixo curso do rio São Francisco: um estudo de caso de impactos geomorfológicos à jusante de grandes barragens**. 2002. 249 p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Pós-Graduação Estudos do Semi-árido, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE.2002.

HOOKE, J. M. Styles of channel change. In THORNE, H.; NEWSON, T. (eds). **Applied Fluvial Geomorphology for river engineering and management**. London: Wiley, 1997

LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L.; MORAIS, R.P. **The geomorphologic response of a large pristine alluvial river tremendous deforestation in the South American tropics: the Araguaia case**. Earth Surface Process and Landforms. (no prelo).

LATRUBESSE, M. E.; STEVAUX J.C. **Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil**. Z.Geomorph.N.F. Berlin, Suppl.-Bd.129, p.109-127, 2002.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial process in geomorphology**. San Francisco: H.W.Freeman. 1964.

MEADE, R. H. Movement and storage of sediment in river systems. In LERMAN,A.; MEYBECK, M., (eds). **Physical and chemical weathering in geo-chemical cycles**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p.165–179. 1988.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (Mt) e a foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no período das décadas de 60 e 90**. 2002. 176 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

MORAIS, R.P. **Avaliação qualitativa e semi-quantitativa das variáveis morfométricas e morfológicas do Rio Araguaia**. 2006b (artigo 2).

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: IBGE. p. 23-34.1989.

SCHUMM, S.A. **The Fluvial System**. John Wiley and Sons, New York, 338 p. 1977.

SIMONS, L.I. **Engineering Analysis of Fluvial Systems**. Fort. Collins, Colorado, USA. 1982.

ARTIGO 4

**CONTROLES ABIÓTICOS GEOMORFOLOGICOS NA DISTRIBUIÇÃO DE
UNIDADES VEGETACIONAIS DA PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO ARAGUAIA**

CONTROLES ABIÓTICOS GEOMORFOLOGICOS NA DISTRIBUIÇÃO DE UNIDADES VEGETACIONAIS DA PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO ARAGUAIA

RESUMO

A existência de diferentes tipologias vegetais na planície aluvial do médio Araguaia apresenta um padrão de distribuição determinado pela dinâmica fluvial do canal, e o tipo de sedimentos que formam as diferentes unidades da planície aluvial. O objetivo deste trabalho foi discutir como a dinâmica fluvial atua nos processos de sucessão vegetal, considerando as atividades erosivas e sedimentares dentro de um curto intervalo temporal. O cruzamento de informações dos mapas das unidades morfossedimentares da planície e unidades vegetacionais resultou no mapa de unidades morfo-vegetacionais. Verificou-se que as unidades vegetacionais se distribuem de modo bem diversificado pela planície, compondo um mosaico vegetacional. Entre 1965 e 1997, a ação dos processos erosivos nas margens do canal, que consomem a planície aluvial, tem removido principalmente vegetações de grande porte do tipo arbórea, e as altas taxas de sedimentação contribuem para formação da unidade geomofológica mais jovem da planície, que são colonizadas principalmente por espécies herbáceas.

Palavras chaves: Planície aluvial, unidades morfo-vegetacionais, sucessão vegetal.

ABSTRACT

The existence of different vegetable typologies in the alluvial plains of the middle Araguaia presents a pattern of distribution determined by the fluvial dynamic of the channel and the type of sediments that forms different units of the alluvial plain. The purpose of this study was to discuss how the fluvial dynamic acts in the vegetable succession processes considering the erosive and sedimentary activities in a short period of time. The cross of information of the morpho-sedimentary unit maps of the alluvial plain and the vegetable units resulted the morpho-sedimentary units map. It was possible to verify that the vegetational units were distributed in a very diversified way along the alluvial plain composing a vegetational mosaic. Between 1965 and 1997, the action of the erosive processes in the banks of the channel that consume the alluvial plain have been removing especially the greater vegetation types, like the arboreal kind, and the high rates of sedimentation which contribute to the formation of the most recent geomorphologic unit of the plain, that they are colonized mainly by herbaceous species.

Key words: Alluvial plain, flood plain, morpho-vegetational units, vegetable succession.

1 – INTRODUÇÃO

As planícies de inundação representam um importante foco de estudos geomorfológicos e ecológicos servindo a diferentes interesses. Essas são produzidas por processos físicos de deposição dos rios numa variedade de sub-ambientes sedimentares, cujas variações dominantes produzem uma grande variedade de geoformas (Lewin, 1996).

Do ponto de vista ecológico, uma grande quantidade de lagos são formados nas planícies de inundação dos rios. Segundo Junk et al. (1989), esses lagos sustentam e mantêm o funcionamento de diversos ecossistemas da planície. Pois são nesses ambientes, que ocorre a maior produção de matéria orgânica oriunda da decomposição da vegetação tanto aquática, quanto da transição aquática-terrestre. Contudo, deve-se considerar que os lagos são apenas uma variável morfológica de um sistema mais complexo, que depende da dinâmica morfossedimentar do sistema fluvial e do seu comportamento hidrológico, que por sua vez regulam uma diversidade de fatores bióticos. Nessa ótica, por exemplo, a produção de matéria orgânica está associada à toda planície de inundação.

Considerando os avanços que diversos estudos tem obtido sobre o conhecimento de áreas úmidas, a maior parte desses trabalhos estão concentrados em aspectos ligados a ecologia e biodiversidade, ou para implementar modelos de gestão. Entretanto, existe pouco conhecimento sobre as interações do controle abiótico, ou seja, a influência que o meio físico exerce sobre as unidades vegetacionais e, portanto, sobre os habitats das diferentes formas de vida que sustentam esses complexos mosaicos de ecossistemas aquáticos das planícies aluviais. Muitas vezes, a fisionomia da cobertura vegetal não revela a existência de habitats com diferentes composições florísticas e condições edáficas, em função de perturbações de ordem natural, dando a impressão de um padrão de homogeneidade que não reflete a realidade.

A existência de diferentes tipologias vegetais na planície aluvial do rio Araguaia apresenta um padrão de distribuição, que está determinado pela dinâmica fluvial do canal e o tipo de sedimentos que caracterizam as unidades morfossedimentares da planície.

A planície aluvial do médio Araguaia é composta por três unidades morfossedimentares, relacionadas geneticamente por um conjunto de geoformas ativas e inativas caracterizadas por variáveis de estado e transformação (Latrubesse e Stevaux, 2002; Bayer, 2002; Morais, 2006a).

As unidades morfo-vegetacionais surgem do controle imposto pelo meio físico (fator abiótico) formado pelas unidades morfossedimentares que determinam certos domínios

vegetacionais. Sua interpretação no Araguaia foi feita identificando manchas de vegetação na planície aluvial do rio a partir de produtos de sensoriamento remoto e trabalhos de campo. Os trabalhos de campo concentraram-se na coleta de amostras de vegetação por Araújo (2002). Os dados de vegetação foram gerados e adicionados à base de dados do projeto CABAH no Laboratório de Geologia e Geografia Física da Universidade Federal de Goiás. Essas informações sobre vegetação foram utilizadas neste trabalho para realizar uma análise integrada físico-biótica e compor mapas de unidades morfo-vegetacionais.

Como mencionado, este estudo está inserido no Rede CABAH – *Controles Abióticos da vegetação em áreas úmidas: comparação e diagnóstico na aplicação de técnicas de espacialização e monitoramento de unidades vegetacionais*. Essa rede é subsidiada pelo CNPq e pelo Programa CYTED (Ciência y Tecnología para el Desarrollo), tendo como principal foco de pesquisa reunir dados de estudos multi-disciplinares ligados a paleoecologia, paleogeografia, manejo de recursos hídricos e uso de técnicas e metodologias de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (SIG), visando a construção integrada para o entendimento dos ambientes úmidos.

O objetivo deste trabalho é avaliar e discutir como a dinâmica fluvial do canal pode atuar nos processos de sucessão vegetal, considerando as atividades erosivas e sedimentares no canal e na planície aluvial, dentro de um curto intervalo temporal.

2 – ÁREA DE ESTUDO

O rio Araguaia é a principal artéria de drenagem totalmente inserido no domínio do Bioma Cerrado. Sua extensão é de 2.110 km até desaguar no rio Tocantins. A área aproximada da bacia é de 380.000 km² com vazão média de 6.420 m³/s. O clima na área da bacia é do tipo continental tropical úmido (Cw) na classificação de Köppen com temperatura média anual de 22° C e precipitação média entre 1300 mm a 1800mm (Nimer, 1989).

Segundo critérios geomorfológicos, Latrubesse e Stevaux (2002) dividiram o rio Araguaia em três unidades: Alto, Médio e Baixo Araguaia. O médio Araguaia, onde está concentrada a área deste estudo, tem um total de 1.160 km de extensão entre Registro do Araguaia (MT) e Conceição do Araguaia (PA), com área de drenagem de 320.290 km².

O médio Araguaia caracteriza-se por apresentar uma planície bem desenvolvida, exibindo um complexo mosaico de unidades morfossedimentares quaternárias. Os sedimentos da planície foram depositados durante o Pleistoceno e Holoceno. Os sedimentos Pleistocenos

são formados por sedimentos conglomeráticos arenosos e laterizados. Já os sedimentos Holocênicos que formam a planície aluvial, são de variadas composições sedimentológicas, associadas a diversos tipos de ambientes lacustres, áreas pantanosas ou pequenos canais que drenam a planície. A largura da planície aluvial pode variar entre 2 e 10 km.

O canal do médio Araguaia compreendido entre os Estados de Goiás e Mato Grosso está dividido em dez segmentos, conforme a compartimentação de Morais (2002) e tem uma extensão total aproximada de 580 km. A área deste estudo está restrita a dois segmentos do canal do médio Araguaia, segmentos 4 e 5, considerados os mais ativos do ponto de vista da dinâmica fluvial associada aos processos erosivos e sedimentares (figura 1).

3 – METODOLOGIA

3.1 – Conjunto de dados

A abordagem metodológica para elaboração de mapas de unidades morfo-vegetacionais envolve diferentes etapas de cruzamento de dados, cuja metodologia foi desenvolvida no âmbito do projeto CABAH por Latrubesse (inédito). Dois conjuntos de dados dão suporte para a obtenção dos produtos: fatores abióticos e bióticos.

⇒ Dados abióticos, ou do meio físico, consistem no mapa de unidades morfossedimentares da planície aluvial do médio rio Araguaia (Bayer, 2002; Morais 2006a);

⇒ Dados bióticos, características fisionômicas da vegetação (Araújo, 2002).

Em campo, foram feitas identificações de tipos florísticos, coletadas amostras vegetacionais, para serem identificadas no herbário da Universidade Federal de Goiás, e coletadas amostras de sedimentos para a correlação entre espécies dominantes de vegetação e a natureza do material sedimentar associado.

O mapa de unidades vegetacionais foi obtido a partir da identificação de manchas de vegetação em imagem Landsat 5 TM RGB-543, escala 1:100000, associado às amostras coletadas e identificadas.

Ambos os produtos foram digitalizados no SIG (Sistema de Informação Geográfica) SPRING (Sistema de Processamento de Informação Georeferenciada), visando a espacialização dos dados e a quantificação areal.

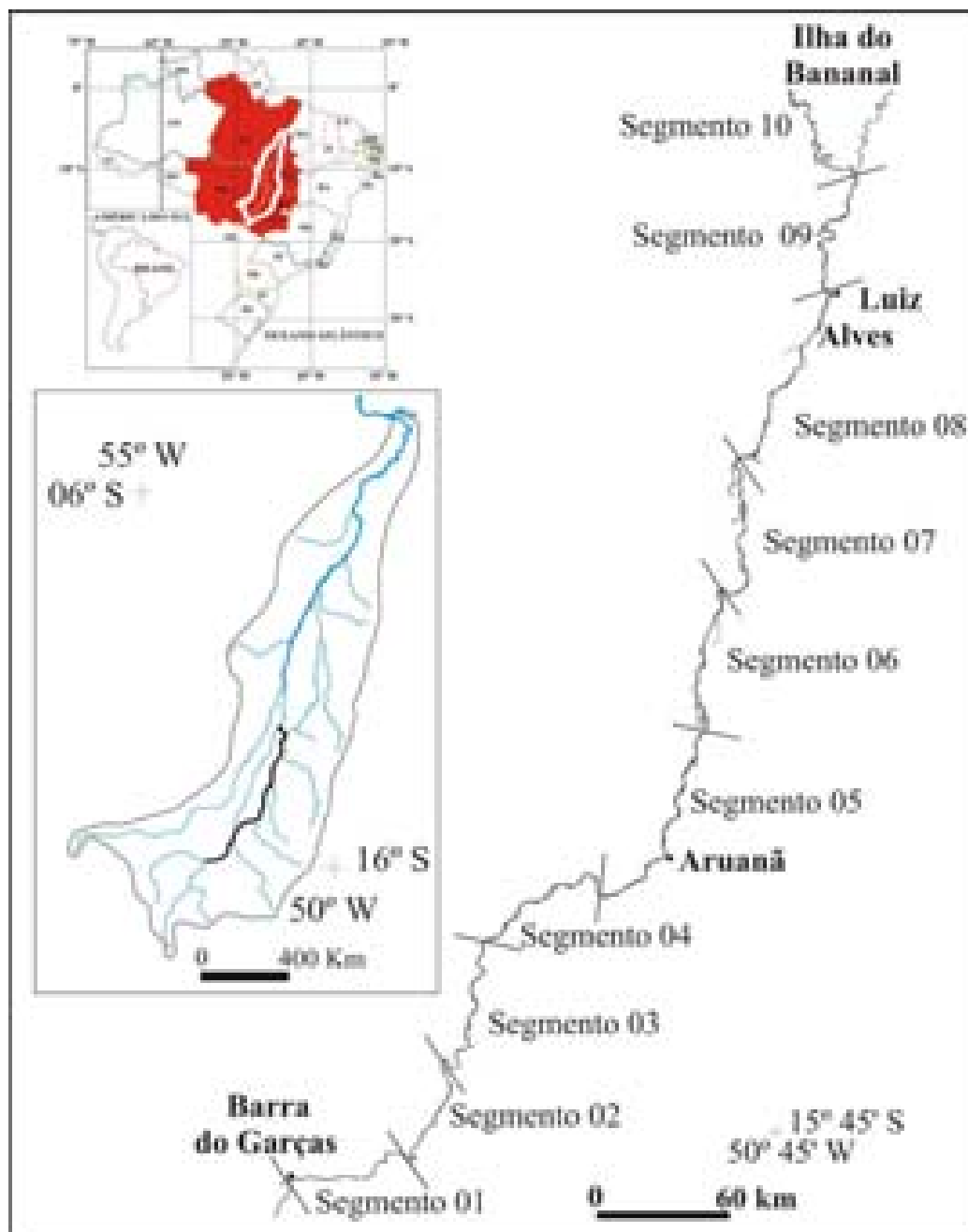


Figura 1: Localização da área de estudo

3.2 – Mapeamento das Unidades morfo-vegetacionais

Utilizou-se para a elaboração do mapa das unidades morfo-vegetacionais, a base dos mapas de unidades morfo-sedimentares que foi cruzado pelo método de sobreposição com o mapa de unidades vegetacionais.

Integrados ao SPRING, foi possível obter relatórios de áreas da distribuição da vegetação associada a cada uma das três unidades morfo-sedimentares da planície aluvial.

3.3 – Cruzamento de dados

De posse do mapa de unidades morfo-vegetacionais, foi associada uma variável de transformação, que corresponde à dinâmica do canal. Moraes (2002) elaborou com base em fotos aéreas e imagens de satélite Landsat, o mapa dos processos erosivos e sedimentares do canal do médio Araguaia entre os anos de 1965 e 1997 (Figura 2). Este trabalho resultou em um mapeamento complexo envolvendo treze classes de processos relacionados à erosão e à sedimentação que afetaram todos os elementos morfológicos do canal em diferentes escalas e intensidade. Neste trabalho, consideramos apenas a atividade lateral do canal, que resulta nos processos de erosão das margens e sedimentação lateral.

O mapa de processos erosivos e sedimentar foi cruzado com o mapa de unidades morfo-vegetacionais com o objetivo de verificar quais os tipos de vegetação foram removidas da planície, e em que nível de intensidade a sucessão vegetal ocorre na planície aluvial do Araguaia, dentro de um intervalo temporal de 32 anos.

4 – UNIDADES MORFOSEDIMENTARES DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO ARAGUAIA

O conjunto das unidades morfo-sedimentares são originadas por processos agradacionais do ambiente fluvial, associado às atividades de processos lacustres e de áreas com escoamento impedido. As planícies de escoamento impedido não são uma característica apenas do rio Araguaia, pois segundo Iriondo e Suguio (1981) e Latrubesse e Franzinelli (2002), áreas de escoamento impedido em planícies de inundação ocorrem frequentemente associadas a outros grandes rios tropicais da América do Sul.

Segundo Latrubesse e Stevaux (2002) e Moraes (2006a), as três unidades identificadas na planície aluvial holocênica do rio Araguaia são: planície de escoamento impedido, planície de paleomeandros e planície de acreção de barras e ilhas.

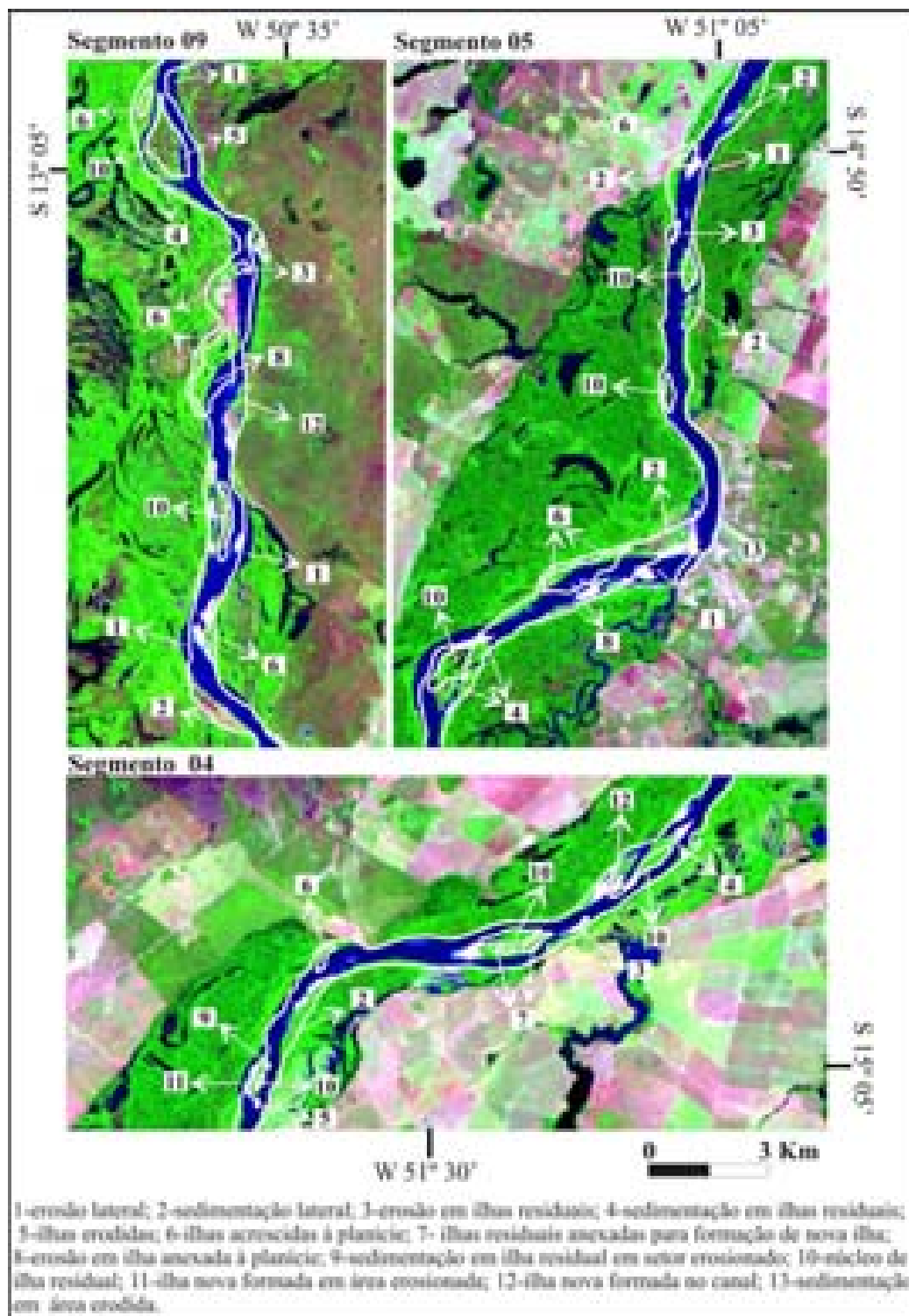


Figura 2: Processos erosivos e sedimentares associados ao canal do Médio Araguaia. Imagens de satélite Landsat 5 TM do ano de 1997, as linhas brancas indicam a posição do canal no ano de 1965.

4.1 – Unidade I: Planície de escoamento impedido

A planície de escoamento impedido do Araguaia (Unidade I) é considerada a unidade mais antiga da planície. Ocupa a posição mais externa de todas as unidades e está topograficamente mais baixa em relação às demais unidades. Apresenta superfície plana e deprimida, caracteriza-se por grandes áreas pantanosas com lagos arredondados, de vale bloqueado e de canais abandonados drenados por pequenos canais da planície (figura 3).

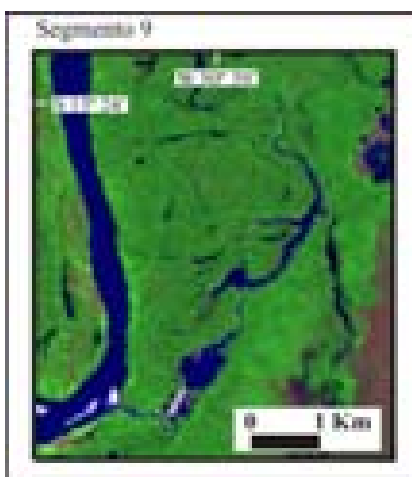


Figura 3: Lago de vale bloqueado associado a unidade I da planície aluvial do médio Araguaia (Imagem Landsat 5 TM - 1998).

O sistema interno de drenagem dessa unidade torna-se ativo apenas no período de inundações devido à precipitação pluvial, saturação freática e pela entrada de pequenos tributários bloqueados, pois destaca-se que essa unidade não recebe influência direta do canal principal. Durante o período de seca, o caudal desses canais é mínimo, e os lagos ficam isolados do sistema principal pelas outras unidades da planície. Reconhece-se em toda a área processos de acreção vertical de sedimentos finos associados a ambientes sedimentares de baixa energia, onde o processo de deposição é muito lento (Bayer, 2002, Morais, 2006a).

4.2 – Unidade II: Planície de paleomeandros

A planície de paleomeandros (Unidade II) ocupa uma posição intermediária entre a Unidade I, descrita anteriormente e a Unidade III que será descrita mais adiante. Constitui-se também a unidade dominante da planície. Segundo Bayer (2002), os depósitos dessa unidade

representam as morfologias mais elevadas da planície, criando uma divisória entre os depósitos arenosos de alta energia associados ao canal principal e os sedimentos finos de inundação, produto da acreção vertical pela decantação de sedimentos associados à unidade I.

As morfologias associadas a essa unidade são as espiras de meandros com crestas curvas e depressões de pequena profundidade geradas pela migração dos depósitos de barras em pontal (Figura 4a). Outros elementos importantes presentes nessa unidade são os lagos formados pelo abandono da antiga posição do canal principal do Araguaia, além dos lagos do tipo oxbows (Figura 4b). Essa unidade tem uma base formada por sedimentos arenosos, na sua superfície, onde é intensa a deposição de sedimentos finos, associados à dinâmica de inundações do canal do rio Araguaia (Bayer, 2002; Morais, 2006a).

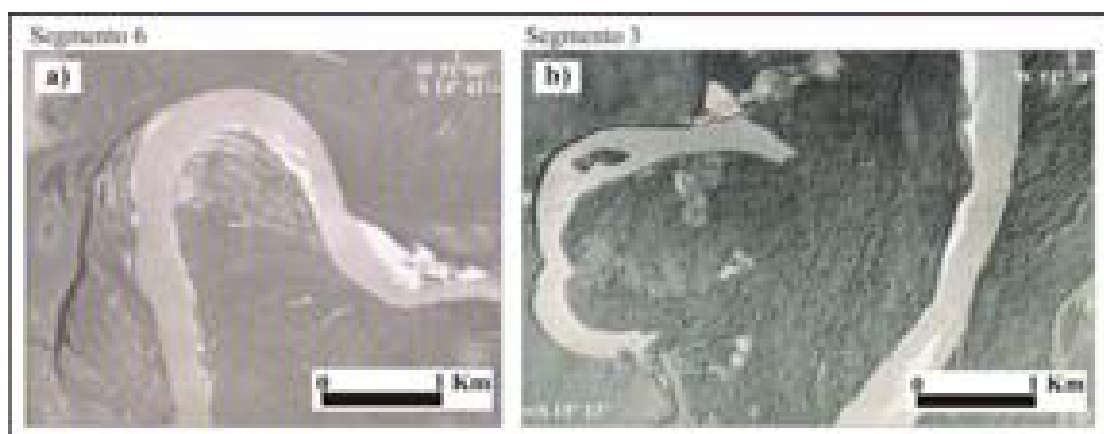


Figura 4: Exemplos de morfologias associadas à unidade de paleomeandros - a) complexo de espiras de meandro, associadas à barra em pontal; b) lago oxbow formado por corte de meandro (fotografias aéreas USAF-1965)

4.3 – Unidade III: Planície de acreção de barras e ilhas

A planície de acreção de barras e ilhas (Unidade III) é mais estreita e acompanha o canal principal em sua quase total extensão. Essa superfície é periodicamente inundada e reflete as condições atuais de deposição do canal, associada ao padrão do tipo entrelaçado, de baixa sinuosidade. Barras laterais, barras centrais e ilhas são as principais feições desse canal. A grande quantidade de areia transportada na fase final das enchentes se deposita nas margens (acreção lateral), dando origem aos depósitos da planície, seja pela estabilidade das barras,

ou pelas ilhas que se anexam as margens pelo assoreamento de seus canais secundários (Figura 5).

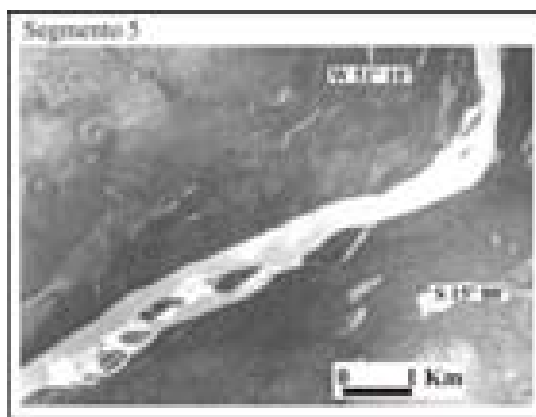


Figura 5: Processo de anexação de ilhas por assoreamento de canais secundários. Estes processos estão associados à formação da unidade III da planície aluvial do médio Araguaia (fotografia aérea USAF – 1965).

A base dos depósitos dessa unidade apresentam características ligadas a um ambiente de canal ativo e de alta energia. A arquitetura interna dos depósitos está ligada aos processos de acreção lateral, composta principalmente por areias grossas e médias, com intercalações de sedimentos finos que marcam as mudanças nas condições do fluxo. Essas condições assinalam uma sequência grano-decrescente de sedimentos entre a base e o topo (Bayer, 2002; Morais, 2006a).

5 – UNIDADES DE VEGETAÇÃO DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO ARAGUAIA

A amplitude dos fatores abióticos envolvidos tem como consequência a criação de diferentes formações vegetais dentro de uma mesma área, apresentando adaptações específicas ao ambiente e características próprias não verificadas fora dessas áreas (Joly, 1970).

Segundo Araújo (2002), a vegetação associada à planície aluvial do médio rio Araguaia esta agrupada em quatro unidades vegetacionais: vegetação pioneira herbácea, vegetação arbustiva-arbórea, vegetação arbórea e vegetação antropizada. Essas unidades foram mapeadas e identificadas através da análise fitossociológica e florística.

5.1 – Unidade de vegetação pioneira herbácea

A Unidade de Vegetação Pioneira herbácea está caracterizada por apresentar plantas de pequeno porte espaçadas entre si, sendo os maiores representantes as gramíneas e ciperáceas, além de ervas (representantes herbáceos) como as amarantáceas, euforbiáceas e onagráceas. Essa associação vegetacional está diretamente relacionada com a colonização pioneira de ilhas e barras fluviais (Araújo, 2002).

A ocorrência desses tipos vegetacionais estão intimamente ligados ao canal fluvial do Araguaia, sob a influência direta de sua dinâmica hidrológica. Tais áreas são caracterizadas por pequenas depressões que, na época das cheias, são preenchidas por sedimentos argilosos e matéria orgânica. Na seca, essas depressões proporcionam uma rápida colonização de gramíneas, ciperáceas e outros tipos de ervas que apresentam um crescimento bastante acelerado e são adaptadas a uma superfície predominantemente arenosa (figura 6).



Figura 6: Vegetação do tipo pioneira herbácea colonizando barra lateral (Segmento 5)

5.2 – Unidade de vegetação arbustiva - arbórea

Essa unidade está caracterizada por apresentar distintas associações arbustivas e arbóreas onde os representantes mais frequentes são as gramineae, euphorbiaceae, cyperaceae, compositae, curcubitaceae, onagraceae, bignoneaceae, leguminosae e sterculiaceae (Araujo, 2002). Essa unidade sofre influência do canal associada a sua dinâmica de enchentes. Essas áreas estão associadas a uma topografia superficial irregular produzidas por meandros abandonados e/ou colmatados, cuja superfície está associada a sedimentos areno-argilosos proporcionando uma boa fixação vegetal.

Um outro ambiente de estudo desse grupo são as ilhas mais antigas já estabilizadas e que apresentam as mesmas características observadas nas margens do canal (figura 7).



Figura 7: Vegetação do tipo arbustiva-arbórea na unidade morfo-sedimentar de paleomeandros (Segmento 5)

5.3 – Unidade de vegetação arbórea

A Unidade de Vegetação arbórea está caracterizada por apresentar, quase que exclusivamente, representantes arbóreos. Esse “estágio vegetacional” não pode ser

considerado como o ápice de desenvolvimento, pois verificou-se a ocorrência de diversos tipos vegetacionais associados. A vegetação dominante é de grande porte e está associada aos setores mais velhos da planície aluvial.

O desenvolvimento dessa vegetação está diretamente relacionado com a grande quantidade de matéria orgânica na sua superfície. Essas áreas não sofrem influências diretas do canal, sua dinâmica de inundação está mais vinculada à precipitação pluvial. Os tipos vegetais dominantes são as cecropias, palmeiras, euforbiáceas, begoniáceas, passifloráceas, leguminosas (Araújo, 2002). Essa área revela uma grande diversidade de espécies (figura 8).



Figura 8: Vegetação arbórea na unidade morfo-sedimentar de escoamento impedido (Segmento 5).

5.4 – Unidade de vegetação antropizada

A Unidade de Vegetação Antropizada corresponde a todas as áreas de planície aluvial que foram ou estão sendo ocupadas pelo homem, como para uso de pastagens, agricultura, áreas de cidades.

6 – DISTRIBUIÇÃO AREAL DAS UNIDADES VEGETACIONAIS

Neste trabalho estão apresentados os resultados obtidos para dois segmentos do canal e planície aluvial do rio Araguaia. Os segmentos 4 e 5 foram escolhidos por serem os mais ativos morfologicamente, sendo assim, representativos para as discussões que serão feitas neste trabalho. A tabela 1 traz a área ocupada pelas unidades vegetacionais nos segmentos 4 e 5 e sua porcentagem em relação a planície aluvial.

Tabela 1: Valores areais das unidades vegetacionais dos segmentos 4 e 5 do canal do médio Araguaia.

Unidades vegetacionais	Segmento 4		Segmento 5	
	Área (km ²)	% da planície do segmento	Área (km ²)	% da planície do segmento
Vegetação pioneira herbácea	1,90	1,28	2,75	0,96
Vegetação arbustiva-arbórea	33,01	22,29	27,56	9,66
Vegetação arbórea	100,70	68,02	233,74	82,02
Vegetação antropizada	1,69	1,14	6,0	2,11
Lagos	10,75	7,27	14,96	5,25
Total das unidades da planície aluvial	148,05	100	285,01	100
Vegetação pioneira herbácea (barras de canal)	4,56	-	-	-
Vegetação arbustiva-arbórea (ilhas)	4,35	-	-	-

Fonte: autor.

Os segmentos 4 e 5 têm uma extensão aproximada de 54,5 km e 75,5 km, respectivamente. Em ambos os segmentos, de acordo com a tabela 1, a unidade de vegetação arbórea é dominante sobre as demais. Vale notar também que as barras de canal se caracterizam por apresentar vegetação do tipo pioneira herbácea, enquanto nas ilhas, a vegetação é do tipo arbustiva arbórea.

7 – AS UNIDADES MORFO-VEGETACIONAIS DA PLANÍCIE ALUVIAL DO MÉDIO ARAGUAIA

O cruzamento das informações referentes aos mapas de unidades morfo-sedimentares e unidades vegetacionais, resultaram no mapa das unidades morfo-vegetacionais (figura 9). A tabela 2 mostra a correlação entre essas unidades, e como ficaram distribuídas as unidades morfo-vegetacionais nos segmentos 4 e 5.

Tabela 2: Distribuição areal das unidades morfo-vegetacionais dos segmentos 4 e 5 do canal do médio Araguaia.

Unidades morfo-vegetacionais	Segmento 4 (Área km ²)	Segmento 5 (Área km ²)
Planície de escoamento impedido com vegetação pioneira herbácea (PEI-VPH)	0	0
Planície de escoamento impedido com vegetação arbustiva-arbórea (PEI-VAA)	1,85	2,90
Planície de escoamento impedido com vegetação arbórea (PEI-VA)	44,02	118,85
Planície de escoamento impedido com vegetação antropica (PEI-VAN)	0,49	6,0
Planície de paleomeandros com vegetação pioneira herbácea (PPM-VPH)	1,68	1,80
Planície de paleomeandros com vegetação arbustiva-arbórea (PPM-VAA)	17,03	10,82
Planície de paleomeandros com vegetação arbórea (PPM-VA)	56,68	99,46
Planície de paleomeandros com vegetação antrópica (PPM-VAN)	1,20	0
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação pioneira herbácea (PABI-VPH)	0,22	0,95
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação arbustiva-arbórea (PABI-VAA)	14,35	13,03
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação arbórea (PABI-VA)	0	16,21
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação antrópica (PABI-VAN)	0	0

Fonte: autor.

De acordo com a tabela 2 a planície com escoamento impedido com vegetação arbórea é a unidade de maior representação areal nos dois segmentos. Essa unidade não sofre influência das enchentes do canal do Araguaia, sua dinâmica de inundações está ligada à precipitação pluvial e saturação freática. Segundo Morais et al. (2005), a sazonalidade é o fator ambiental que conduz a dinâmica de inundações associadas à unidade morfossedimentar de escoamento impedido. Na seca, os sistemas lacustres associados a essa unidade tendem a se contrair e no período de chuvas ocorre uma expansão (figura 10). Considerando o tipo de vegetação arbórea associado a esta unidade, a produção de matéria orgânica é bastante elevada e o intercambio de matéria e energia (incluindo organismos) entre essa unidade e o canal principal do rio Araguaia em termos de conectividade depende, portanto, do regime pluvial.

A unidade de paleomeandros com vegetação arbórea aparece na tabela 2 como a segunda maior superfície areal. Essa unidade sofre diretamente com a dinâmica de enchentes do rio Araguaia. Nessa área, pode-se dizer que as forças de conectividade hidrológica (Ward e Stanford, 1995) e o pulso de inundação (Junk et al., 1989), juntas, regulam os processos limnológicos dos ambientes lacustres dessa unidade da planície.

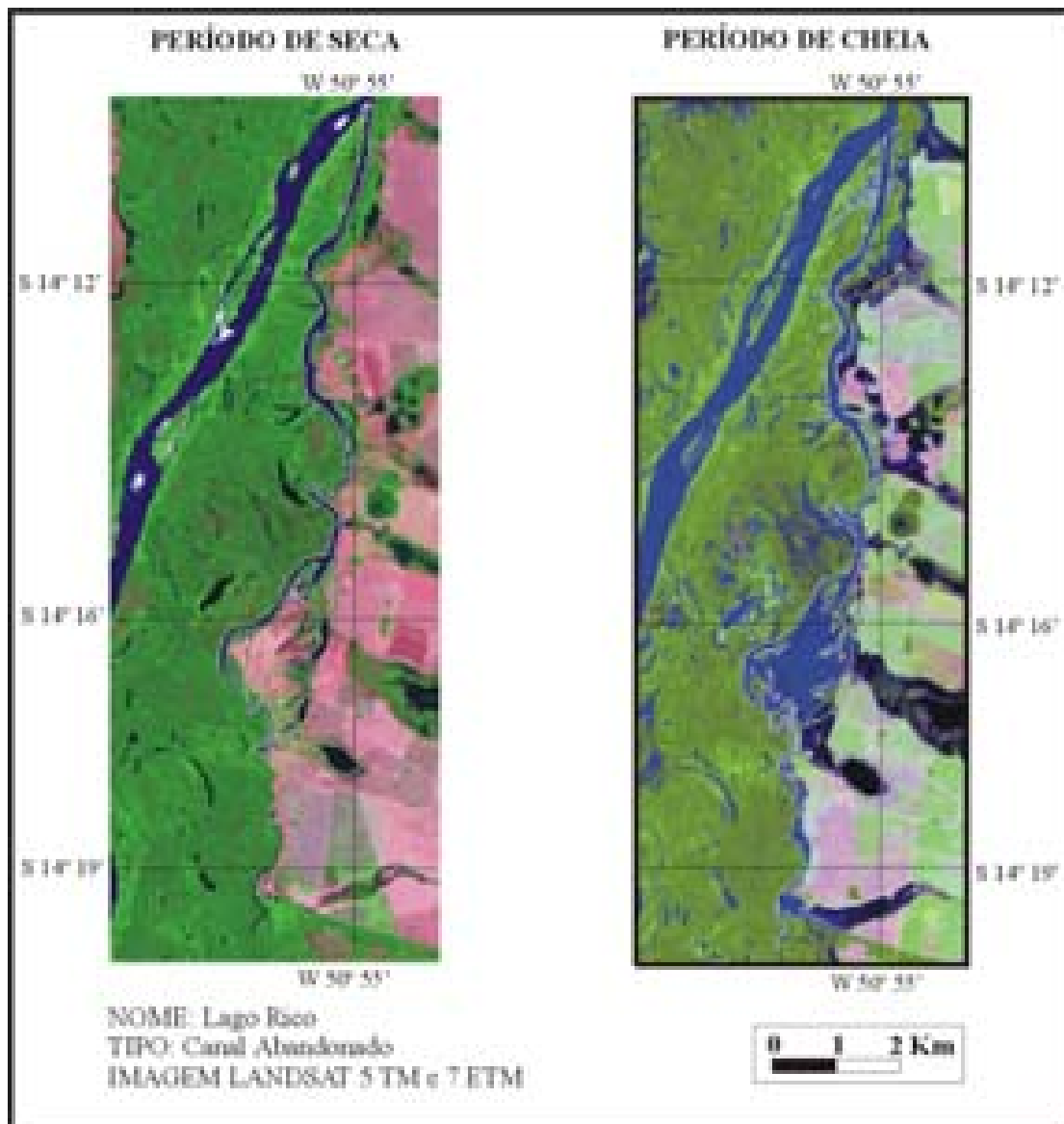


Figura 10: Lago de canal abandonado associado à unidade de paleomeandros; a) período de seca; b) período de inundação, conexão entre os sistemas lacustres associados à unidade de paleomeandros e a unidade de escoamento impedido.

O tipo de vegetação arbustiva-arbórea está bem distribuída também pelas unidades morfossedimentares de paleomeandros e planície acrescida de barras e ilhas. Essa última unidade, em particular, está ligada diretamente ao canal fluvial e, portanto, sob a influência diária de seu regime hidrológico, onde os processos de sucessão vegetal são bem mais frequentes.

Foi constatado, portanto, que as unidades de vegetação se encontram distribuídas de modo bem diversificado pelas diferentes unidades geomorfológicas da planície aluvial (tabela 2). Essa característica compõe um mosaico vegetacional, onde não se tem um único tipo específico de vegetação para uma determinada unidade geomorfológica.

Segundo Remmert (1991), o conceito do ciclo do mosaico dos ecossistemas tem dois elementos principais. Primeiramente, a sucessão que ocorre dentro dos ecossistemas progride entre diversas associações de espécies, onde cada uma domina um espaço por sua vez; nenhuma destas fases é o climax final, pois o processo é cíclico. Segundo, quando esse ciclo estiver ocorrendo em uma área particular, processos similares estão ocorrendo em outras áreas adjacentes, de modo que a vegetação consista em um mosaico de tipos e estágios diferentes de crescimento. Conforme Dansereau (1949), o mais interessante dos processos biogeográficos é a competição de indivíduos de diversas espécies, constituindo assim a base da própria sucessão.

Chega-se a conclusão que a dinâmica de inundações e a troca de sedimentos entre o canal e planície aluvial favorecem o desenvolvimento de diferentes tipos vegetais, que condicionam a planície a ser tomada como uma área de tensão ecológica.

8 – A DINÂMICA DE REMOBILIZAÇÃO DAS UNIDADES MORFO-VEGETACIONAIS

Erosão e sedimentação são processos que ao longo de 32 anos, no período entre 1965 e 1997, atuaram intensamente no canal do médio Araguaia, levando o rio a diversas mudanças morfológicas dos seus elementos fluviais, como ilhas, barras, e configuração das margens (Morais, 2002) (figura 2).

Os processos de erosão e sedimentação, durante esse curto intervalo temporal, atuaram no canal do rio Araguaia, principalmente ligados à erosão das margens e sedimentação lateral. A identificação e descrição desses processos por Morais (2002) permitiu, neste trabalho, verificar quais tipos de vegetação foram removidas juntamente com as planícies aluviais, que tipos de vegetação vêm sucedendo os antigos padrões vegetacionais ao longo das extensas áreas de sedimentação ao longo do canal.

Inicialmente, é apresentado na tabela 3, as áreas erodidas pertencentes a cada unidade morfossedimentar da planície aluvial dos dez segmentos do médio rio Araguaia.

Os segmentos 4 e 5 foram tomados como exemplos, por estarem entre os mais ativos do ponto de vista erosivo e deposicional. A tabela 4 traz os resultados da erosão que atuam nas respectivas unidades e consequentemente removem a vegetação a elas associadas.

Tabela 3: Área dos processos de erosão nas unidades morfo-sedimentares da planície aluvial do médio Araguaia e sedimentação lateral, distribuídas em função dos dez segmentos de canal.

Segmentos do canal	Erosão (Km ²) PEI	Erosão (Km ²) PPM	Erosão (Km ²) PEBI	Erosão (Km ²) Terraço	Sedimentação do canal (km ²)
1	0	0	1,75	0,54	2,77
2	0	0,18	0,96	0,10	3,31
3	0,50	3,86	2,0	0,43	7,20
4	1,39	1,25	0,72	0,18	8,40
5	0,83	1,33	3,73	0,23	10,03
6	1,59	1,29	2,73	0,31	7,42
7	1,75	2,39	1,49	0,04	7,06
8	0,56	3,78	2,29	0,08	6,58
9	0	3,31	0,42	0	5,99
10	1,24	0,97	2,24	0,64	5,08
Total	7,86	18,36	18,33	2,55	63,84

Legenda: PEI, planície aluvial de escoamento impedido; PPM, planície aluvial de paleomeandro; PEBI, planície aluvial de acreção de ilhas e barras.

Fonte: autor.

Verifica-se, na tabela 4, que a vegetação arbustiva-arbórea e arbórea, associadas às unidades morfossedimentares de escoamento impedido e paleomeandros, são os tipos vegetacionais que foram mais intensamente removidas, pela erosão marginal do canal. A unidade de acreção de ilhas e barras, considerando os dois segmentos, foi a mais intensamente remobilizada, o que pode ser explicado pela sua posição em relação ao canal. O termo remobilizado é aqui usado para caracterizar essa última unidade em especial, pois ela se encontra mais suscetível à ação dos processos erosivos e sedimentares. O interessante dessa discussão é que tanto a unidade de escoamento impedido, como a de paleomeandros, uma vez destruídas (erosionadas), não voltam a se formar, ao contrário do que se passa com a unidade de acreção de barras e ilhas que está em constante evolução.

Analisando a tabela 3, vemos que as áreas de sedimentação nesses dois segmentos são extremamente elevadas. Essas áreas estão sendo acrescidas à planície de barras e ilhas, sendo rapidamente colonizadas pela vegetação pioneira do tipo herbácea. Ou seja a destruição da vegetação de grande porte das unidades mais antigas da planície está sendo sucedida por vegetações herbáceas e arbustivas da planície mais jovem, e num ritmo extremamente rápido.

Tabela 4: Atuação dos processos erosivos na remoção de morfo-unidades vegetacionais dos segmentos 4 e 5 do canal do médio rio Araguaia.

Unidades morfo-vegetacionais	Segmento 4		Segmento 5	
	Área (km ²)	% erosão unidade	Área (km ²)	% erosão unidade
Planície de escoamento impedido com vegetação arbustiva-arbórea (PEI-VAA)	0,66	47,49	0,85	100
Planície de escoamento impedido com vegetação arbórea (PEI-VA)	0,73	52,51	-	-
Planície de paleomeandros com vegetação arbustiva-arbórea (PPM-VAA)	0,82	65,6	0,59	43,71
Planície de paleomeandros com vegetação arbórea (PPM-VA)	0,43	34,4	0,76	56,29
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação pioneira herbácea (PABI-VPH)			0,09	2,39
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação arbustiva-arbórea (PABI-VAA)	0,70	100	2,40	63,83
Planície acrescida de barras e ilhas com vegetação arbórea (PABI-VA)	-	-	1,27	33,78
Terraço	0,18	100	0,23	100

Fonte: autor.

A tabela 5 mostra, no total, os tipos vegetacionais que mais foram removidos da planície aluvial.

Tabela 5: Tipos vegetacionais que foram mais intensamente removidos da planície aluvial nos segmentos 4 e 5.

Tipos de vegetação	Segmento 4		Segmento 5	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Unidade vegetacional pioneira herbácea	-	-	0,09	1,45
Unidade vegetacional arbustiva-arbórea	2,88	61,93	2,99	48,31
Unidade vegetacional arbórea	1,16	32,96	2,88	46,53
Terraços	0,18	5,12	0,23	3,71

Fonte: autor.

Pode-se observar, na tabela 5, que no segmento 4 do canal a vegetação do tipo arbustiva-arbórea foi a mais atingida pelos processos erosivos. Já no segmento 5, tanto a arbustiva-arbórea como o tipo arbóreo tiveram valores quase equivalentes de áreas removidas, ou seja, os processos erosivos têm atuado com mais intensidade nesses segmentos de canal, removendo maiores áreas de vegetação de grande porte.

A erosão marginal em canais fluviais está intimamente associada com as mudanças no curso dos rios e com o desenvolvimento das planícies de inundação. Para nós, esse entendimento vai mais adiante, pois, é a partir dessa dinâmica que podemos entender os processos de sucessão vegetal associados ao canal do Médio Araguaia.

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A planície aluvial do médio Araguaia tem sua origem ligada a processos agradacionais do ambiente fluvial, com sistemas lacustres associados e de áreas com escoamento impedido. As três unidades que compõe a planície aluvial do Araguaia são a planície de escoamento impedido, planície de paleomeandros e planície acrescida de barras e ilhas. A dinâmica fluvial e o tipo de sedimentos associados às unidades da planície determinam a ocorrência de determinadas espécies vegetais.

Esse controle imposto pelo meio físico devido a suas características hidrológicas e morfológicas (abiótico) condicionam o surgimento das unidades vegetacionais. Na planície aluvial do rio Araguaia distingui-se quatro categorias de tipos de vegetação: vegetação do tipo pioneira herbácea, arbustiva-arbórea, arbórea e vegetação antropizada (agricultura, pastagens plantadas, áreas de cidades). O cruzamento das unidades morfossedimentares e as unidades vegetacionais resultaram em mapas de unidades morfo-vegetacionais, onde as unidades de vegetação se encontram distribuídas de forma diversificada pelas diferentes unidades geomorfológicas da planície aluvial. Essa característica compõe, assim, o que se denomina de mosaico vegetacional.

A análise feita nos segmentos 4 e 5 do canal do médio Araguaia demonstraram que na planície de escoamento impedido prevalecem vegetações do tipo arbórea e arbustiva arbórea, principalmente. Na planície de paleomeandros, verifica-se além das citadas acima, a ocorrência dos tipos pioneira herbácea e antrópica.

Os tipos vegetacionais associados às ilhas e barras ao longo do canal também são diferentes. Nas barras, prevalecem vegetações do tipo pioneira herbácea, enquanto nas ilhas, vegetação do tipo arbustiva-arbórea. A diferença vegetacional dessas morfologias reside no fato de que as ilhas, enquanto morfologias mais estáveis, evoluem morfológicamente por acreção lateral e vertical. A acreção vertical, no caso, favorece a deposição de sedimentos finos (silte-argila) sobre as bases arenosas, aumentando sua estabilidade e permitindo o desenvolvimento de vegetações de maior porte e menos sujeitas as variações hidrológicas frequentes da influência do canal.

Considerando a dinâmica fluvial como variável de transformação, verificou-se que os processos erosivos e sedimentares atuam como fatores que influenciam na dinâmica de sucessão vegetal. A erosão provoca remoção de determinados tipos de vegetação associadas a unidades da planície aluvial, consideradas mais estáveis onde se desenvolvem vegetações de grande porte. A destruição dessas unidades da planície geram maiores quantidade de

sedimentos que entram no canal e contribuem para os processos de acreção lateral de sedimentos às margens. Esse processo está associado a unidade mais jovem da planície onde se desenvolvem vegetações do tipo herbáceas e arbustivas. Os maiores percentuais areaais de tipos de vegetação destruídas pelos processos erosivos são, portanto, do tipo arbustiva-arbórea e arbórea associadas às unidades morfossedimentares de escoamento impedido e paleomeandros.

Destaca-se que, uma vez erosionadas, essas superfícies não se regeneram mais, ao passo que a unidade de acreção de barras e ilhas encontra-se em processo de construção. Isto significa que há uma tendência de que nos últimos 32 anos, período em que esses processos foram avaliados, uma perda de áreas da planície que sustentam uma grande diversidade de espécies florísticas e de habitats aquáticos. Por outro lado, a intensa sedimentação lateral do canal intensifica os processos de acreção de barras à planície, onde se evidencia uma planície em fase de construção, e vegetação característica composta principalmente por gramíneas, os maiores representantes herbáceas associadas a essa jovem unidade geomorfológica.

Ressalta-se ainda que, considerando o acelerado processo de atividade erosiva e sedimentar do canal do médio Araguaia, a unidade morfossedimentar de acreção de barras e ilhas está mais sujeita aos processos de remobilização sedimentar e conseqüentemente vegetacional. Esse fato, compromete o desenvolvimento de uma vegetação mais diversificada e de maior porte. Devido a sua instabilidade e condicionamento hidrológico, diante das dinâmicas aceleradas de transformação, verifica-se que há uma tendência de que no rio Araguaia ocorra mudanças significativas na sua diversidade florística.

As conseqüências certamente irão se refletir nos diversos processos biológicos associados a toda a planície aluvial.

O tema abordado neste trabalho abre novos horizontes sobre as inter-relações que o meio-físico estabelece com o meio biótico e certamente esses resultados irão suscitar maiores discussões entre os diversos especialistas da área ambiental. Mas acredita-se que a pesquisa possa oferecer modelos muito mais realistas sobre o comportamento de áreas úmidas como são as planícies aluviais.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F.R. **Controles Abióticos da Vegetação na Planície Aluvial do rio Araguaia.** Relatório (PIBIC)-Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.21p.2002.

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho.** 2002. p.138.Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.2002.

DANSEREAU, P. **Introdução à Biogeografia.** Revista Brasileira de Geografia, n01, p.69-75.1949.

IRIONDO, M., and SUGIO, K. **Neotectonics of the Amazon plain.** International, 1981.

JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira.** São Paulo: USP, 1970. 181 p.

JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., SPARKS, R.E. **The Flood Pulse Concept in River-Floodplain-Systems.** Fish. Aquat. Science. v106, p. 110-127. 1989.

LATRUBESSE, M. E.; STEVAUX J.C. **Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil.** Z.Geomorph.N.F. Berlin, Suppl.-Bd.129, p.109-127, 2002.

LATRUBESSEM, E.M.; FRANZINELLI, E. **The Holocene alluvial plain of the middle Amazon river, Brazil.** Geomorphology, v.44, p.241-257.2002.

LEWIN, J. Floodplain construction and erosion. In Petts,G. Calow, P. (eds), **River Flows and Channel Forms.** Blackwell Science, p.220.1996.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (Mt) e a foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no período das décadas de 60 e 90.** 2002. 176 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

MORAIS, R.P. OLIVEIRA, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; PINHEIRO, R.C. **Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia.** Acta Sci. Biol, Sci., v.27, p.203-213.2005.

MORAIS, R. P. **Geomorfologia da planície aluvial e descrição das morfologias associadas ao canal do Médio Araguaia.** 2006a (artigo 1).

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste.** Rio de Janeiro: IBGE. p. 23-34.1989

REMMERT, H. **The Mosaic-Cicle Concept of Ecosystems.** Springer, Verlag – Berlim, v85. 185p.1991.

WARD, J. A. **Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation.** Regulated Rivers, v.1, p.105-119. 1995.

ARTIGO 5

**MUDANÇAS NO USO DA TERRA E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A
MORFOLOGIA DO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA ENTRE AS DÉCADAS DE
1960 E 1990**

**MUDANÇAS NO USO DA TERRA E SUAS CONSEQUÊNCIAS PARA A
MORFOLOGIA DO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA ENTRE AS DÉCADAS DE
1960 E 1990**

RESUMO

A fronteira agrícola que avançou pelo Bioma Cerrado, a partir do início da década de 1970, promoveu uma intensa mudança no uso da terra na região, convertendo áreas de vegetação natural de Cerrado ao sistema produtivo para formação de lavouras e pastagens cultivadas. Goiás é um dos Estados com maiores índices de desmatamento do Brasil. A bacia do médio Araguaia, localizada em território goiano, pode ser considerada a principal área de desenvolvimento agropecuário do Estado. O objetivo deste trabalho foi avaliar as consequências das mudanças no uso da terra na área da bacia do médio Araguaia, localizada no Estado de Goiás, e como suas implicações socioeconômicas influenciaram na alteração do comportamento erosivo e sedimentar do canal entre as décadas de 1960 e 1990. Constatou-se, ao longo do período, que a medida que aumentavam as porcentagens de áreas de Cerrado convertidas para diversos tipos de uso como agricultura e pastagens cultivadas, o PIB dos municípios inseridos na área da bacia crescia na mesma proporção. Isso significa que o crescimento econômico da região encontra-se numa relação de dependência direta com a degradação de áreas de vegetação natural do Cerrado. Verificou-se, também, que o aumento da sedimentação do canal do médio Araguaia, evidenciado pelo aumento no número de barras arenosas e da quantidade de sedimentos armazenados no sistema, se incrementou ao longo dos anos, coincidentemente acompanhando o aumento do PIB nos municípios distribuídos por toda a área de drenagem da bacia do médio Araguaia em Goiás.

Palavras Chaves: Rio Araguaia, bioma Cerrado, mudanças no uso da terra, desenvolvimento econômico, mudanças morfológicas do canal.

ABSTRACT

The agriculture frontier that advanced through the Cerrado ecosystem, after the early 70's, promoted an intense change in the land use of that area, converting areas of natural vegetation into the productive system destined to the formation of agricultures and cultivated pastures. Goiás is one of the States with the highest deforestation rates in Brazil. The middle Araguaia basin found in Goiás' territory is considered the most important area of farming development in the state. The purpose of this study was to evaluate the consequences of the changes in the land use in the middle Araguaia basin area, located in Goiás state and how its social economical implications influenced in the alteration of the erosive and sedimentary behavior of the channel between the decades of 1960 and 1990. It was possible to verify along this period of time that as the Cerrado areas percentages converted to different usages such as agriculture and pastures were increasing, the cities GDP inserted in the basin area was also increasing in the same proportion. It means that the economic development of this area is now found in a direct dependency manner with the degradation of natural vegetation areas of the Cerrado. It was also verified that the increase of the middle Araguaia channel sedimentation evidenced the increase of the sand bars numbers and the quantity of stored sediments in the system was developed along the years, coincidentally following the GDP increase in all the cities distributed around the draining area of the middle Araguaia basin in Goiás.

Key words: Araguaia river, Cerrado ecosystem, changes in the land use, economic development, morphological changes of the channel.

1 – INTRODUÇÃO

A degradação dos biomas tropicais e dos recursos hídricos provocados por processos de desmatamento, mudanças no uso da terra, mineração, represamentos e outras atividades, têm conduzido uma enorme lista de impactos ambientais durante as últimas décadas. Estudos sobre a resposta geomórfica, quantidade de armazenagem e remobilização de sedimentos dos canais e da planície aluvial têm sido pouco desenvolvidos no Brasil e concentrados em pequenas extensões do canal fluvial. Destacam-se nesse sentido, os trabalhos realizados no rio Paraná, que abordam mudanças morfológicas do canal, e que estão relacionadas a interferências humanas diretas, como o represamento do rio para construção de usinas hidrelétricas. (Santos et al. 2001; Rocha et al. 1999; Rocha, 1997; Fernandez e Souza Filho, 1995; Santos et al. 1992; Fernandez, 1990). No rio São Fransisco, estudos de caso, sobre erosão e migração lateral do canal, e seus impactos geomofológicos também estão associados à construção de represas ao longo deste rio (Fontes 2003; Casado et al. 2001).

O caso do médio rio Araguaia pode ser considerado mais complexo, visto que, em pouco mais de três décadas, entre 1965 e 1997/98, este grande rio aluvial vem sofrendo profundas transformações morfológicas, provocadas por processos de erosão e sedimentação no canal e na planície aluvial, dando indícios de que sejam induzidos por atividades antrópicas (Morais, 2002; Latrubesse e Stevaux, 2002; Latrubesse et al., no prelo).

A hipótese de que as variáveis morfológicas do canal do médio Araguaia foram induzidas por mudanças indiretas no canal podem ser corroborados pelo diagnóstico do mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra na área da bacia do médio Araguaia, localizada no Estado de Goiás, entre os anos de 1965 a 2001 (Franco, 2003), além dos diversos estudos realizados na alta bacia do rio Araguaia, região das nascentes, que abordaram o desenvolvimento da erosão linear relacionada aos sistemas viários (Silva, 2000), desmatamento e agricultura intensiva (Barbalho, 2002), condicionantes geológicos e geomorfológicos de uso e manejo dos solos (Castro et al. 2002), e também relacionados à erosão laminar (Oliveira, 2003).

Modificações indiretas em canais fluviais provocadas por desmatamento e mudanças no uso da terra são amplamente encontrados na literatura internacional, contudo, referentes a pequenas bacias de drenagem de zonas temperadas dos EUA e Europa. Localizado na zona tropical, o rio Araguaia seria o maior e melhor exemplo de processos acelerados de mudanças morfológicas no seu canal, desencadeadas pelo desmatamento do bioma o qual está inserido.

Nesse cenário marcado por profundas transformações, o rio Araguaia se destaca como principal artéria de drenagem do Bioma Cerrado, podendo ser considerado uma das mais importantes áreas úmidas da região Centro-Oeste. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar as consequências das mudanças no uso da terra nas áreas de Cerrado e como as suas implicações econômicas influenciaram na alteração do comportamento erosivo e sedimentar do canal do médio Araguaia e de suas variáveis morfológicas, a partir de 1965.

2 – ÁREA DE ESTUDO

O rio Araguaia nasce na Serra do Caiapó, extremo sudoeste do Estado de Goiás, divisa com os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e percorre 2.110 km de extensão até desaguar no rio Tocantins, região conhecida como Bico do Papagaio, no extremo norte do Estado do Tocantins. A bacia do Araguaia tem uma área total de 380.000 km². Sua área de drenagem inserida dentro do Estado de Goiás é de aproximadamente 98.098 km² (IBGE, 1999).

O número de municípios na bacia do Araguaia em Goiás até o ano de 2000 era de 60, concentrando cerca de 402.481 habitantes, cerca de 8% da população do Estado, com um percentual de 65,09% concentrado nas áreas urbanas e 34,91% em áreas rurais (Franco, 2003). A base econômica desses municípios é a agropecuária, onde se destaca o cultivo de monoculturas como a soja, que se concentra na parte sul da bacia (montante) e a pecuária extensiva e semi-extensiva distribuída por todo o trecho médio da bacia do Araguaia em Goiás. Segundo Dias (1994), Goiás é um dos Estados da Federação com maiores índices de desmatamento na região dos Cerrados, o que se deve a uma ocupação humana já consolidada e que inicialmente foi motivada pela implantação de pastagens para a criação de gado de corte e posteriormente pela agricultura e pastagens cultivadas.

A extensão do canal do médio Araguaia analisado neste estudo, é de aproximadamente 580 km de extensão, localizado entre as cidades de Barra do Garças (MT) e o rio Cristalino na confluência com o Araguaia, próximo a Ilha do Bananal. Esse trecho do canal está dividido em dez segmentos de canal segundo Morais (2002). A área de drenagem desse trecho do canal é de 118.021 km², onde estão inseridas no contexto do Estado de Goiás, 9 das 10 grandes sub-bacias afluentes que deságuam no seu médio curso (figura 1).

A vegetação de Cerrado, e suas diversas composições florísticas, é dominante em toda a área. O clima da região é do tipo continental tropical úmido (Cw) na classificação de

Köppen com temperatura média anual de 22° C e precipitação média entre 1300 mm a 1800mm (Nimer, 1989). O padrão morfológico que caracteriza o canal do rio Araguaia no médio curso é do tipo anabranching de baixa sinuosidade, com tendência ao entrelaçamento. Transporta abundante carga de fundo (areias), barras e ilhas são as feições aluviais principais ao longo do canal.

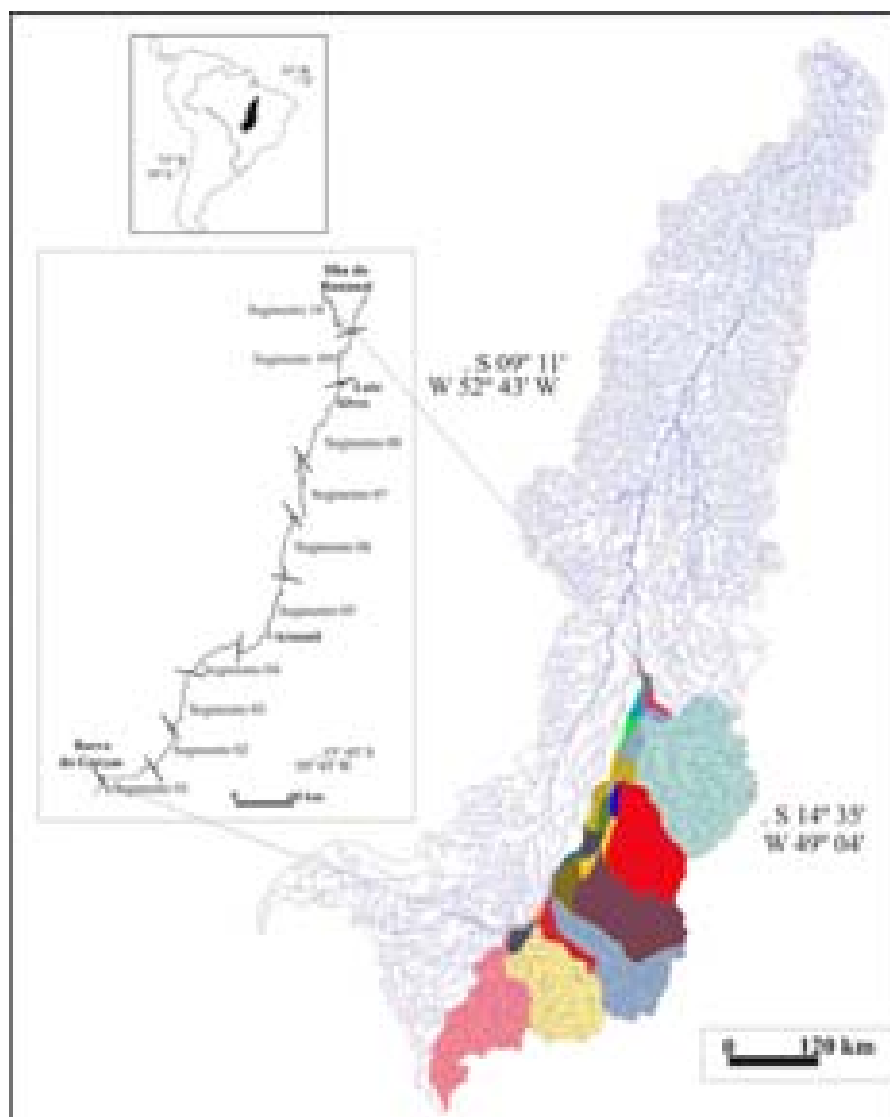


Figura 1: A área colorida representa área da bacia do Araguaia inserida no Estado de Goiás e as sub-bacias afluentes que desaguam ao longo do trecho do canal do Médio Araguaia na área de estudo.

3 – METODOLOGIA

Foram usados para o desenvolvimento deste trabalho, dados referentes a duas abordagens distintas, a geomorfologia fluvial do médio Araguaia e informações socioeconômicas da área da bacia do médio Araguaia localizada no Estado de Goiás.

3.1 - Etapa 1- Dados geomorfológicos e sedimentológicos

Os trabalhos de Morais (2002) e Latrubesse et al. (no prelo), além de dados inéditos, formaram o conjunto de dados que serviram como fonte de informações para as proposições deste trabalho. Destaca-se os dados semi-quantitativos de parâmetros morfométricos e morfológicos do canal do médio Araguaia como: 1) quantidade de barras de canal; 2) área das sub-bacias afluentes; 3) área dos processos de erosão e sedimentação no canal, que inclui as ilhas e as atividades de migração e acresção lateral do canal; 4) quantidade de sedimentos armazenados no canal entre 1965 e 1997.

3.2 - Etapa 2 – Dados sócioeconômicos

Consistem em dois tipos de informações, as que foram produzidas para este trabalho como: 1) o PIB (Produto Interno Bruto) de 58 municípios inseridos na bacia do Araguaia, no Estado de Goiás. Destaca-se que existem atualmente 60 municípios na área da bacia. Dois deles foram emancipados em 2001 e não constam na lista de municípios do cálculo do PIB. Esses dados foram obtidos junto ao Sistema Nacional de Indicadores Urbanos no site do Ministério da Cidade (www.cidades.gov.br/sinu) que reúne dados socioeconômicos dos municípios coletados pelo IBGE. Os anos para base do cálculo referem-se a 1970, 1975, 1980, 1985, 1990 e 1996.

Com base nos dados estatísticos do Recenseamento Geral do IBGE dos anos de 1970 e 1980, e Censo Agropecuário do Estado de Goiás 1995/1996, foi obtido o número de cabeças do rebanho bovino, nos 58 municípios que integram a bacia do Araguaia em Goiás.

Utilizou-se também dados das áreas da cobertura vegetal do Cerrado da bacia do Araguaia em Goiás, cuja série histórica é referente aos anos de 1965/66, 1976, 1993 e 2001. Esses dados foram úteis para o cruzamento dos dados econômicos da área da bacia e dos dados morfológicos do canal fluvial.

Etapa 3 – Cruzamento de dados

Os dados morfológicos semi-quantitativos do canal do médio Araguaia foram processados e agrupados, segundo a categoria a que pertencem; posteriormente foram correlacionados com as informações obtidas dos dados sócioeconômicos e de cobertura vegetal e uso da terra.

4 – BREVES CONSIDERAÇÕES SOBRE A REGIÃO DE DOMÍNIO DO BIOMA CERRADO

O Cerrado é o segundo maior Bioma do país, sua área original supera 2 milhões de km², caracteriza-se por constituir um conjunto de formações vegetais que apresenta fisionomia e composição florística variável: campestre (campo limpo), savânicas (campo sujo, campo cerrado, e cerrado *stricto sensu*) e florestas (cerradão), formando um complexo mosaico ecológico (Coutinho, 1978). A grande diversidade de espécies de animais e plantas do Cerrado também está associada a essa diversidade de ambientes. Machado et al. (2004) reuniu dados de vários autores e afirma que dependendo do grupo taxonômico, considerado a porcentagem de espécies brasileiras que ocorrem no Cerrado, pode representar algo entre 20 e 50% do total existente no Brasil. Além dessa expressiva representação, a biodiversidade do Cerrado possui um significativo número de endemismos para vários grupos de animais e plantas.

No final da década de 1960, as tradicionais áreas de Cerrado, caracterizadas por extensos chapadões com topografia plana, até então pouco utilizados, passam a ser intensamente aproveitados. Segundo Mendonça e Thomaz Junior (2004), a abertura da fronteira agrícola, que avançou pelo Cerrado, se deu efetivamente a partir de 1970 com a introdução do cultivo do arroz e, logo depois, da soja. Essa última, utilizada como a propulsora da fronteira agrícola, e está concentrada na área sul da bacia do Araguaia. Com a pecuária ocorreu o plantio de pastagens, com o cultivo de forrageiras e capim brachiária, aumentando a produção e a produtividade do rebanho por hectare.

A década de 1970 marca o período em que o Governo Federal passou a financiar programas para desenvolvimento do Cerrado como o POLOCENTRO - Programa de Desenvolvimento do Cerrado e PRODECER - Programa Cooperativo Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado (IBGE, 1982; Aragão, 1993; Cunha, 1994; Pires, 1996; Shiki et

al., 1997; IBGE, 1999) conduzindo a um intenso processo de desmatamento desse Bioma para ceder lugar às práticas agrícolas e pecuárias, culminando com a intensa antropização da vegetação (Dias, 1994; Montavani e Pereira, 1998; Klink e Moreira, 2002; Franco, 2003; Machado et al. 2004).

Utilizando imagens MODIS, Machado et al. (2004) estimaram até o ano de 2002, que a área de Cerrado desmatado era de 54,9%. O Estado de Goiás aparece no mapeamento como uma das principais áreas de desmatamentos.

A situação do Estado de Goiás é realmente alarmante no que diz respeito ao desmatamento do Cerrado. Essa avaliação pode ser comprovada, analisando o mapeamento da evolução histórica do uso da terra e cobertura vegetal entre 1965/66 e 2001, na área da bacia do rio Araguaia inserida no Estado de Goiás (Franco, 2003).

Verifica-se que na região do Cerrado, os impactos antrópicos têm sido significativamente maiores em relação aos demais domínios florestais tropicais, embora as atenções nacionais e internacionais não têm dispensado maiores atenções a esse fato. A exemplo, pode-se citar que na Constituição Federal de 1988, que pela primeira vez tutelou o meio ambiente no país; o Cerrado não recebeu o mesmo tratamento recepcionado aos ecossistemas Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Pantanal Matogrossense e a Zona Costeira, no seu capítulo VI art. 225 item VII § 4º.

O princípio constitucional da igualdade, no caso em espécie, não foi aplicado. Consta assim na Constituição da República Federativa do Brasil, texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, do Capítulo VI – Do Meio Ambiente:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 4º - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

O Cerrado é hoje a maior fronteira agrícola do país, merecendo todo cuidado no seu manejo, a fim de preservar seus recursos hídricos e a biodiversidade inigualável de sua fauna e flora ainda pouco estudada.

5 – O DESMATAMENTO DO CERRADO NA BACIA DO ARAGUAIA NO ESTADO DE GOIÁS

Existem especificamente dois trabalhos que abordam a questão do desmatamento do Cerrado na bacia do rio Araguaia no Estado de Goiás. O primeiro foi realizado pelo IBGE (1999) e faz um diagnóstico ambiental da bacia no trecho entre Barra do Garças (MT) e Luís Alves (GO). No que concerne à discussão sobre a situação e uso da terra na área, esse diagnóstico revela um alto grau de comprometimento do ambiente natural em relação aos efeitos da ação antrópica. Constatou-se que apenas 8,95% das terras são áreas conservadas, ou seja, áreas que apresentam cobertura natural acima de 80%. Os 91,05% restantes são áreas utilizadas para agropecuária, núcleos urbanos ou outros usos pontuais como extrativismo vegetal e mineral. Desse total, cerca de 62% destas terras são classificadas como áreas em situação de alerta, quer pelo elevado índice de desmatamento em desrespeito à legislação ambiental, quer pelo uso inadequado do seu potencial agroecológico e/ou utilização com agricultura intensiva impactante.

Franco (2003) analisando as consequências de transformações históricas na bacia do Araguaia no contexto goiano, realizou o mapeamento da cobertura vegetal em quatro intervalos temporais (1965/66, 1976, 1993 e 2001), utilizando diversos produtos como cartas planialtimétricas, imagens de radar e satélite. A escala de mapeamento adotada foi 1:250000. Seu mapa de cobertura vegetal é composto por três categorias: áreas de fisionomia campestre, áreas de fisionomia de matas e áreas antropizadas, sendo que esta última agrega um conjunto de sub-classes (áreas agrícolas, de pastagens plantadas, irrigação por pivô, queimadas e áreas sem definições de uso).

De posse desses dados foi feito um cálculo percentual simples para ilustrar melhor o ritmo de transformação da vegetação ao longo desse período. Constatou-se assim que, entre 1965/66 a 2001, a vegetação com fisionomia de mata reduziu 68,2%, a área de fisionomia de campos diminuiu 77,9% e a área desmatada ou antropizada aumentaram extraordinariamente, 8.383 %. A tabela 1 traz os valores areais da transformação da cobertura vegetal, segundo Franco (2003) e a figura 2 mostra como essa tendência evoluiu ao longo do período. E é com base nestes dados que as considerações sobre a influência das mudanças no uso da terra e suas consequências para o sistema fluvial do Médio Araguaia serão interpretadas.

Tabela 1: Cobertura vegetal e áreas antropizadas da bacia do Araguaia inserida no Estado de Goiás.

Classes	1966		1976		1993		2001	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Fisionomia de mata	57.595,92	61,87	56.821,87	61,03	26.585,73	28,56	18.311,29	19,66
Fisionomia campestre	34.705,90	37,28	12.423,69	13,34	15.386,32	16,53	7.659,53	8,23
Área antropizada	796,18	0,85	23.852,44	25,63	51.125,95	54,91	67.127,18	72,11

Fonte: Franco, 2003.

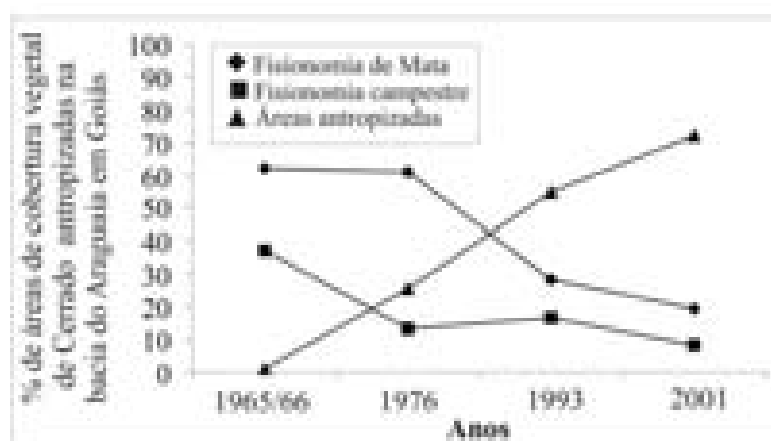


Figura 2: Evolução histórica das mudanças no uso da terra na área da bacia do Araguaia no Estado de Goiás. Fonte: Franco, 2003.

6 - RELAÇÃO DO DESMATAMENTO DO CERRADO COM AS PRÁTICAS DE CRIAÇÃO DE GADO NA BACIA DO ARAGUAIA EM GOIÁS

Na evolução da ocupação do território brasileiro, pode-se identificar tendências distintas, quanto ao aproveitamento de diferentes ambientes naturais para as atividades agropecuárias. Perdurou, durante séculos, a tendência ao uso das terras de campos e cerrado *stricto sensu* para a prática de criação de gado, e das terras de floresta para a lavoura (IBGE, 1982). Historicamente, desde o início do século XVIII, a atividade pecuária em Goiás sempre foi um traço marcante de sua economia. Atualmente o Estado é o 3º maior rebanho do país.

Entre os anos de 1970 e 1980, a área da bacia do Araguaia entre a cidade de Barra do Garças (MT) e Luis Alves (GO) atraiu pecuaristas que transformaram a região num dos

maiores pólos de agropecuária do Estado de Goiás e secundariamente de agricultura irrigada. Verificando-se uma tendência cada vez mais acentuada de desmatamento na área para implementação de pastagens e que avança progressivamente para terras com limitações ao uso agropecuário. As pastagens cultivadas são o principal tipo de uso atual na região (IBGE, 1999).

Os dados obtidos do número de cabeças do rebanho bovino nos 58 municípios que integram a área de estudo demonstraram realmente que, entre 1970 e 1980, o rebanho cresceu mais de 114%, ou seja, mais que dobrou em apenas 10 anos, passando de 1.708.266 para 3.661.376 cabeças de gado, respectivamente. Entre 1980 e 1995/96 cresceu mais 62% passando para 5.933.558 cabeças. Nos quatro anos seguintes até o ano 2000 atingiu 6.237.537 cabeças um aumento de 4,87%.

Considerando que a prática dominante de criação de gado é feita de forma extensiva ou semi-extensiva, a medida que aumenta o rebanho bovino, conseqüentemente há uma maior demanda de áreas para essa atividade econômica. A figura 3 mostra a tendência do aumento das áreas desmatadas e destinadas usos diversos na área da bacia e o aumento do número de cabeças do rebanho bovino goiano na área da bacia do Araguaia.

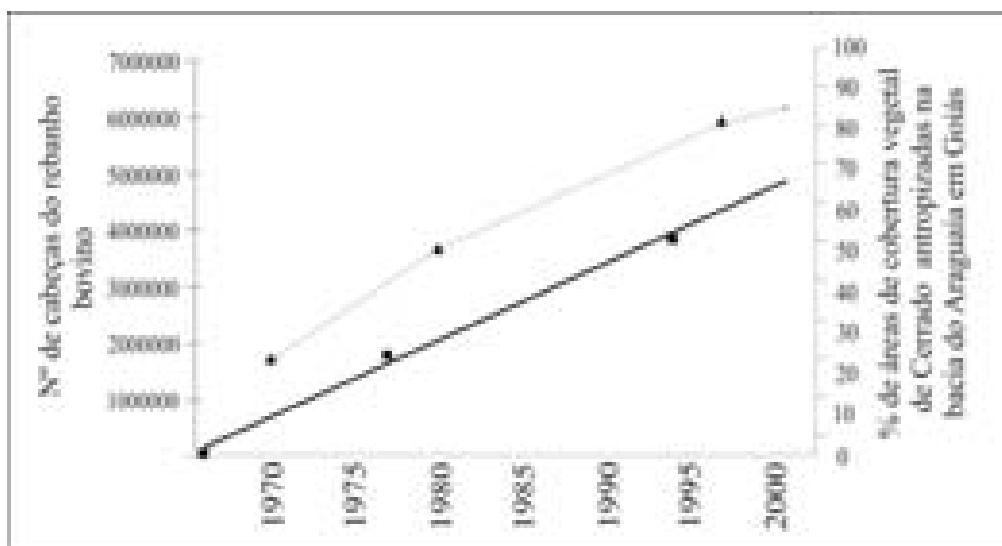


Figura 3: Relação das áreas de Cerrado desmatadas para diversos usos (agricultura e pastagens plantadas) com a quantidade de cabeças do rebanho bovino nos municípios que integram a bacia do Araguaia em Goiás.

7 – RELAÇÃO ENTRE AS MUDANÇAS NO USO DA TERRA E O AUMENTO DO PIB DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ARAGUAIA EM GOIÁS

O Produto Interno Bruto (PIB) mensura a atividade produtiva total, em um dado período de tempo, gerado em determinado espaço econômico pelo conjunto das atividades econômicas. O PIB é calculado a preços deflacionados e convertidos em dólares americanos como padrão de comparação.

Goiás se destaca hoje no cenário nacional ocupando a 12^a posição no PIB do país (SEPLAN-GO), onde a base de sua economia está voltada para atividade produtiva que se denomina agroindústria. Para Silva (1982), no processo de industrialização da agricultura brasileira, as atividades agropecuárias foram se convertendo num setor subordinado à indústria, e por ela foram sendo transformadas. A agropecuária deixa gradativamente o seu papel de mercado de “bens de consumo” para cada vez mais assumir a posição de “meios industriais de produção”, quer como produtora de certos insumos, quer como vendedor de outros. O agronegócio destaca-se, nesse sentido, detendo 60% do Produto Interno Bruto (PIB) goiano, segundo Mendonça e Thomaz Junior (2004).

Baseado nessas considerações, entendemos que o aumento do PIB implica em um maior dinamismo das atividades agroindustriais, que por sua vez, está ligada a um fator de expansão da produção, no caso a agricultura e a pecuária. A demanda por áreas para essa expansão produtiva requer, portanto, a conversão de novas áreas de vegetação de Cerrado para serem incorporadas ao sistema produtivo. Objetivando verificar essa relação com os dados de cobertura vegetal do Cerrado, calculou-se o total do PIB dos 58 municípios na bacia do rio Araguaia na área de estudo entre o período que vai de 1970 e 1996. O resultado do PIB dos municípios se encontram na tabela 2. A relação entre esses dados e as áreas da cobertura vegetal do Cerrado podem ser acompanhados na figura 4.

Tabela 2: Total do Produto Interno Bruto (PIB) dos 58 municípios que integram a bacia do Araguaia no Estado de Goiás.

Bacia do Araguaia em Goiás	PIB 1970 (US\$1000)	PIB 1975 (US\$1000)	PIB 1980 (US\$1000)	PIB 1985 (US\$1000)	PIB 1990 (US\$1000)	PIB 1996 (US\$1000)
total dos municípios	401.268	775.244	1.063.169	1.196.196	1.050.011	1.378.322

Fonte: Ministério da Cidade (www.cidades.gov.br/sinu)

Analisando a figura 4, vemos que há uma tendência de aumento na porcentagem de área desmatada do Cerrado e o aumento do PIB gerado pelos municípios ao longo do período analisado. Esses dados demonstram claramente que o desenvolvimento econômico da região se dá às custas da destruição da vegetação do Cerrado para ceder lugar às atividades agropecuárias.

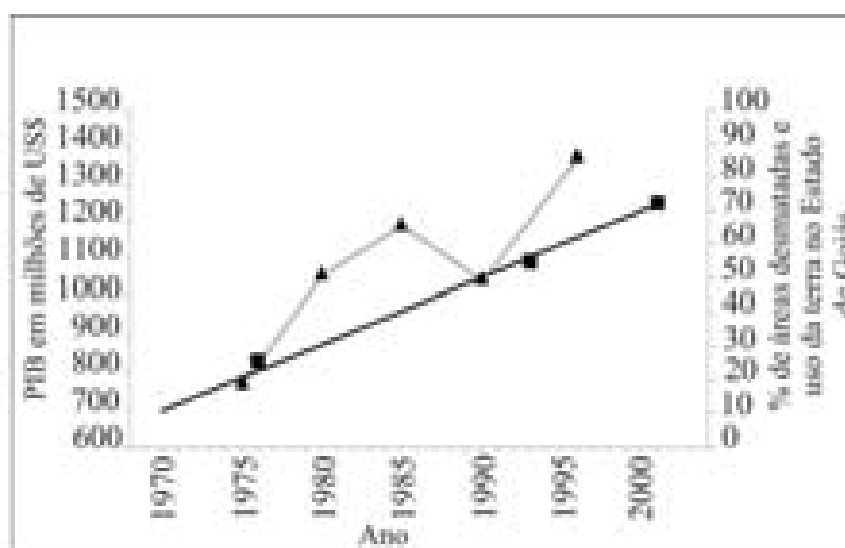


Figura 4: Relação PIB (Produto Interno Bruto) dos municípios da bacia do Araguaia no Estado de Goiás com % da área desmatada de Cerrado destinadas a usos diversos (agricultura e pastagens plantadas).

Um detalhe que chama a atenção na figura 3 refere-se à significativa queda do PIB no ano de 1990, contudo a porcentagem da área desmatada segue a tendência de aumento. A resposta para essa questão foi encontrada no trabalho de Mendonça e Thomaz Junior (2004). Segundo os autores, a adoção de políticas públicas para a ocupação das áreas de Cerrado se deu através do Sistema Nacional de Crédito Rural que forneceu as bases materiais para o crescimento econômico da região. De acordo com a tabela 3, é no período de 1970 a 1980 que ocorreram os grandes financiamentos para custeio, investimento e comercialização, visando operacionalizar a ocupação racional e indiscriminada das áreas de Cerrado. A partir de 1985, as mudanças nas políticas governamentais, propiciaram um regramento gradativo na disponibilização dos créditos para as atividades agropecuárias, uma vez que havia um relativo segmento dos empresários rurais que se capitalizaram, e tinham as condições de competirem

no mercado, aniquilando a maioria dos pequenos e médios empresários rurais que se “aventuravam” a exercer a agropecuária moderna.

Tabela 3: Crédito rural – Financiamentos agropecuários concedidos por categoria 1965-2000 em todo o país.

Anos	Custeio (US\$)	Investimento (US\$)	Comercialização (US\$)	Total (US\$)
1965	562.400,00	156.600,00	54.300,00	773.300,00
1970	2.112.000,00	666.500,00	1.112.900,00	3.891.400,00
1980	12.261.200,00	2.799.200,00	4.447.900,00	19.508.300,00
1990	6.546.500	588.200,00	1.310.000,00	8.444.700,00
2000	4.878.580	1.263.550,00	1.372.800,00	6.514.970,00

Fonte: Mendonça e Thomaz Junior (2004), segundo dados do IBGE (1995-96).

Fica claro, portanto, que a queda do PIB nesse momento histórico foi impulsionada pela redução das pequenas e médias propriedades, levando estes produtores rurais à decadência, o que conseqüentemente fez baixar a produção do período. Para Pires (1996), a política do Sistema Nacional de Crédito Rural nesse sentido contribuiu para reforçar a distribuição desigual de terras e de renda nas regiões em que atuou.

8 – CONSEQUÊNCIAS DO USO DA TERRA E DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS PARA AS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO CANAL DO MÉDIO ARAGUAIA

8.1 – A intensidade dos processos de erosão e sedimentação do canal do médio Araguaia ao longo das décadas de 1960, 1970 e 1990.

O escoamento superficial e a carga de sedimentos que atuam no fornecimento de energia e matéria para o sistema fluvial podem variar em resposta às mudanças no uso da terra, tais como desmatamentos, agricultura, pastagem, urbanização e outras influências (Brookes, 1996).

A área referente às mudanças no uso da terra abrangem apenas a parte da bacia localizada no Estado de Goiás que tem 93.098 km², o que corresponde a 78,8% da área de drenagem correspondente ao trecho do canal analisado que é de 118.021 Km². Nessa área estão inseridas 9 das 10 grandes sub-bacias que deságuam no rio Araguaia no seu médio curso (tabela 4).

Tabela 4: Influência da área de drenagem das sub-bacias do Araguaia nos processos de erosão e sedimentação dos dez segmentos do canal do médio Araguaia.

Segmentos do canal	Erosão lateral (km ²)	Sedimentação lateral (km ²)	Sub-Bacia	Área (km ²)	% da bacia
Nascente até 01	-	-	Rio Babilônia (GO)	5.994	19,35
			Rio do Peixe (GO)	5.838	
			Bacias marginais (GO)	1410	
			Bacias marginais (MT)	9595	
01	2,33	2,94	Rio das Garças (MT)	13.636	12,15
			Bacias marginais (GO)	705	
02	1,41	3,27	Rio Caiapó (GO)	12.080	11,58
			Rio dos Bois(GO)	1.595	
03	6,81	7,22	Rio Claro (GO)	10.281	8,71
04	3,52	9,01	Ribeirão Água Limpa (GO)	987	0,83
05	6,19	10,01	Rio Vermelho (GO)	10.748	10,90
			Bacias marginais (GO)	2.115	
06	6,10	7,63	Bacias marginais (GO)	528,75	1,89
			Bacias marginais (MT)	1710	
07	5,90	7,39	Rio do Peixe (GO)	11.257	10,15
			Bacias marginais (GO)	725	
08	6,77	6,89	Rio Crixás-Açu (GO)	23.763	20,13
09	4,35	6,99	Bacias marginais (GO)	5.091,25	4,31
10	5,11	5,56	-	-	-
Total	48,49	66,91	Médio Araguaia (área de estudo)	118.021	100

Fonte: autor

A figura 5 consiste numa análise integrada de três informações distintas. Verifica-se que a medida em que ocorrem a entrada das sub-bacias afluentes nos respectivos segmentos do canal, a frequência acumulada dos processos de erosão e sedimentação apresenta tendência de aumento crescente. Nota-se que há um desequilíbrio, onde são mais intensos os processos sedimentares. Isso resulta que no desenvolvimento histórico de mudanças no uso da terra, a rede hidrográfica das sub-bacias afluentes transportam os sedimentos produzidos ao longo de suas respectivas áreas de drenagem, cujo aporte final é o canal principal do rio Araguaia. Esse fato nos leva a conclusão de que o aumento dos processos sedimentares do canal, descontado do que foi erodido, conduz a um armazenamento real de sedimentos no canal fluvial. Segundo Latrubesse et al. (no prelo), a massa total de sedimentos armazenados nesse trecho de canal no período considerado é de cerca de 233 milhões de toneladas (Tabela 5).

Tabela 5: Total areal dos processos de sedimentação, erosão e sedimentos armazenados no canal do médio Araguaia entre 1965 e 1997.

Segmentos	Erosão (km ²)	Sedimentação (km ²)	Sedimentação efetiva (km ²)	Sedimentos armazenados (Mt)
1	2,44	2,94	0,5	3,5
2	1,41	3,27	1,86	17,9
3	7,51	8,37	0,86	8,3
4	4,45	11,06	6,61	63,6
5	8,8	12,6	3,8	36,7
6	7,87	10,55	2,68	26
7	7,6	10,21	2,61	25
8	8,37	9,11	1,4	7
9	6,28	9,44	3,16	32
10	5,81	7,18	1,37	13
Total	60,54	85,89	2,01	233

Fonte: autor.

De acordo com a tabela 5 e figura 5, os sedimentos armazenados no canal estão retidos principalmente entre os segmentos 4 e 7, coincidindo com o aumento da área de drenagem, que até o segmento 3, já está acumulada em 51% e chega ao final do segmento 7 com 75% de toda a rede hidrográfica da bacia.

8.2 – Comportamento das barras de canal

A resposta das bacias de drenagem alteradas pelas atividades humanas, como desmatamentos e agricultura, acelera a degradação e erosão dos solos (Dearing, 1991), problemas de erosão e assoreamento dos rios (Trimble e Lund, 1982) e mudanças na morfologia do canal (Schumm, 1969, 1977; Meade, 1988; Gilvear, 1993; Macklin e Lewin, 1997; Knighton, 1998). Indícios desses tipos de mudanças já haviam sido inferidas no rio Araguaia (Morais, 2002; Latrubesse e Stevaux, 2002).

Estudos conduzidos por Morais (2006b) sobre o comportamento das barras de canal do médio Araguaia, a partir do ano de 1965, demonstraram que houve um grande aumento dessas morfologias no canal. Em 1965, o total de todas as barras do canal no trecho de estudo era de 209, no ano de 1975, permanecem estáveis numericamente com 287 barras, já em 1998, verifica-se um aumento considerável, passando para 437 barras de areia.

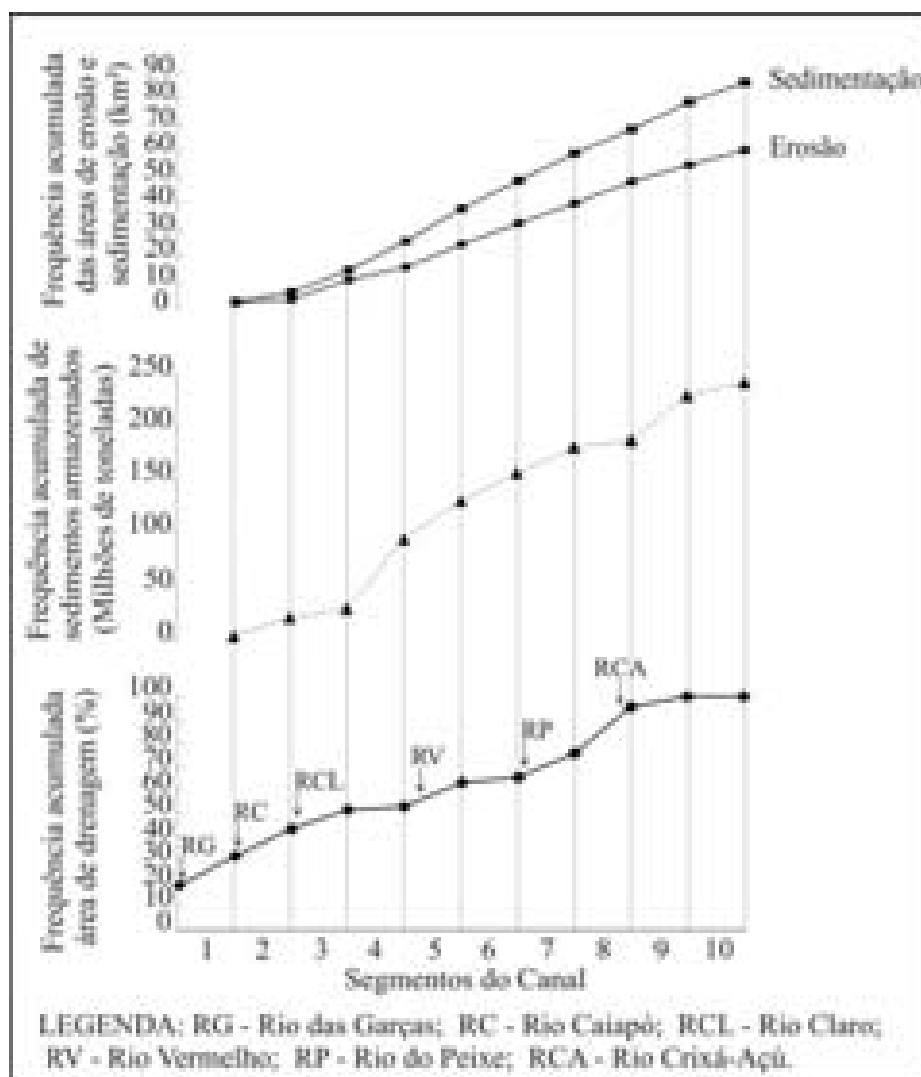


Figura 5: Frequência acumulada da área de drenagem associada aos processos de erosão e sedimentação e quantidade de sedimentos armazenados ao longo dos dez segmentos do canal do médio Araguaia.

A figura 6 mostra a relação entre o aumento gradativo das barras de canal em consequência da elevação das taxas percentuais areais de mudanças na cobertura vegetal na área da bacia considerada neste trabalho. Verificou-se que, entre 1965 e 1975, as barras praticamente não se alteraram quantitativamente, embora a área desmatada tenha alcançado um índice de 25%. O comportamento do canal nesse período pode ser melhor compreendido quando levamos em consideração o tempo de resposta que o canal leva para iniciar mudanças morfológicas e o resultado que vemos é que, em 1998, as barras aumentaram drasticamente.

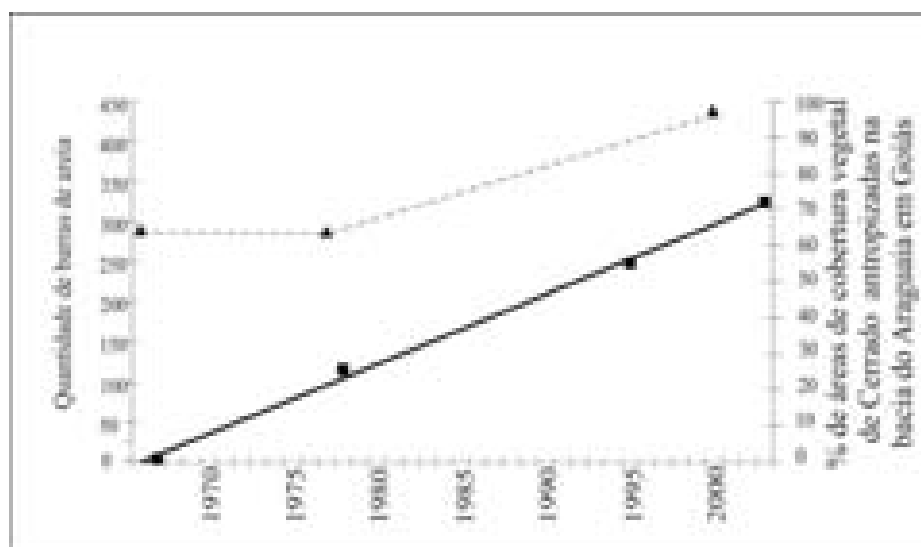


Figura 6: Relação das áreas de Cerrado desmatadas para diversos usos (agricultura e pastagens plantadas) e o aumento na quantidade de barras no canal do rio médio Araguaia.

Segundo Brookes (1996), as mudanças na descarga e na carga de sedimentos dificilmente produzem respostas imediatas no sistema fluvial, mas iniciam mudanças ou sequências dessas que podem se estender ao longo do tempo e é exatamente isso que parece estar ocorrendo no canal do rio Araguaia ao longo dessas três décadas.

Tal situação nos leva a refletir que, considerando o tempo de resposta do canal as mudanças morfológicas e as consequências do desmatamento do Cerrado nessas últimas décadas, provavelmente ainda não estejam totalmente evidentes no canal e tão pouco as consequências ambientais desse processo.

9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do início da década de 1970, inicia-se um processo de alteração no uso e na forma de ocupação dos solos no Estado de Goiás, impulsionado pelos Planos Nacionais de Desenvolvimento do Cerrado para a implementação de técnicas modernas no cultivo de grãos e na criação de gado. O processo deu início para que a fronteira agrícola pudesse se expandir para a região de domínio do Cerrado, desencadeando um intenso ritmo de desmatamento para ceder lugar às atividades agropecuárias.

Os dados de mudanças na cobertura vegetal ao longo de pouco mais de 30 anos, na área da bacia do Araguaia localizada no Estado de Goiás, revelaram que as áreas antropizadas que no ano de 1965/66 eram menores que 1%, passaram para mais de 25% em 1976, e seguiram crescendo vertiginosamente, culminando no ano 2000 com um índice de 72% de áreas desmatadas.

Considerando que cerca de 60% do PIB do Estado se deve ao desempenho agroindustrial, verificou-se ao longo do período histórico, um crescimento ascendente do PIB dos 58 municípios inseridos na bacia do Araguaia em Goiás. A relação gráfica entre o crescimento do PIB e os índices de desmatamento revelaram uma tendência positiva. O crescimento econômico da região está diretamente relacionado com o desmatamento do Cerrado que incorpora áreas, antes de vegetação natural, ao sistema produtivo. Essa relação também é comprovada, quando relacionamos o aumento na quantidade de cabeças do rebanho bovino entre 1970 e 2000 e a evolução da perda de áreas de vegetação do Cerrado no mesmo período.

Fatores indiretos de mudanças em canais fluviais como desmatamento e tipos de uso da terra intensificam a produção de sedimentos que são distribuídos e transportados pela rede hidrográfica pelas sub-bacias afluentes inseridos na bacia do Araguaia em território goiano. O destino do material transportado é o canal principal do médio Araguaia, aumentando assim a descarga de sedimentos no sistema, causando desequilíbrios entre os processos de erosão e sedimentação do canal. Nesse caso, o médio rio Araguaia tem respondido às mudanças no uso da terra, com uma maior intensidade dos processos sedimentares no seu leito, demonstrados pelo aumento de 150% das barras arenosas de canal entre 1965 e 1998.

A intensificação dos processos sedimentares pode ser comprovada também pelo fato de que ao longo desse período, cerca de 233 milhões de toneladas de sedimentos foram armazenados no canal do médio Araguaia, o que nos leva a concluir que as consequências das mudanças no uso da terra na área da bacia para o canal do rio Araguaia se refletem nas mudanças do padrão morfológico do canal e seus elementos fluviais, cuja característica principal é a sedimentação do seu leito. Destaca-se que, diante do quadro de devastação que se encontra o Cerrado, esses processos já desencadeados podem ser apenas o início de mudanças morfológicas de dimensões ainda maiores que podem estar por vir, considerando que as repostas do sistema nem sempre produzem mudanças a curto prazo.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, L.T. **Ocupação humana no Cerrado de Brasília.** In: PINTO, M. N. **Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas.** Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1993.

BARBALHO, M.S.G. **Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle de processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT).** 2002. 189p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

BROOKES, A. River Restoration Experience in Northern Europe. In BROOKS, A.; SHIELDS, F.A. (Eds.) **River Channel Restoration.** Wiley, Chichester, p. 233-268. 1996.

CASADO, A. P.B.; HOLANDA, F.S.; FONTES, L.C.S. **Análise do processo de erosão marginal no baixo São Francisco Sergipano.** In Simpósio Nacional de Controle de Erosão, VII. Associação Brasileira de Engenharia e Ambiental, Goiânia, GO. 2001.

CASTRO, S.S.; BARBALHO, M.S.G.; MARINHO, G.V.; CAMPOS, A.B.; SALOMÃO, X.T.; VECHIATTO, A.B. **Condicionantes Geológicos, Geomorfológicos, Pedológicos e uso e manejo dos solos na circulação hídrica e processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT).** In Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, XIV, Cuiabá, MT. P.391-423. 2002.

COUTINHO, L.M. **O conceito de Cerrado.** Rev. Brasil. Bot, v.1, p.17-23. 1978.

CUNHA, A. S. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. Estudos de Políticas Agrícolas.** Brasília, v.13, n.23, p.110-120. 1994.

DEARING J.A. Erosion and land use. In BERGLUND, B.E. (ed.). **The Cultural Landscape During 6000 Years in Southern Sweden: The Ystad Project.** Munskgaard, Copenhagen, p.283-292. 1991.

DIAS, B.F.S. A conservação da natureza. In: PINTO, M. N. (org.) **Cerrado caracterização, ocupação e perspectivas.** 2a edição. Brasília-DF: Editora Universidade de Brasília, 1994. p.607-663.

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

FERNANDEZ, O.V.Q. **Mudanças no canal do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico (PR).** 1990. 96p.Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, SP. 1990.

FONTES, L.C.S. **Erosão marginal o baixo curso do rio São Francisco: um estudo de caso de impactos geomorfológicos à jusante de grandes barragens.** 2002. 249 p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Pós-Graduação Estudos do Semi-árido, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE.2002.

FRANCO, S. M. **O grande vale do Araguaia: transformações da bacia do Araguaia em Goiás.** 2003. 382 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2003.

GILVEARD, J. River management and conservation issues on formerly braided river systems: the case of the river Tay, Scotland. In: BEST, J.L.; BRISTOW, C.S. (Eds). **Braided Rivers.** Geological Society Special publication, p. 231–240. 1993.

IBGE. **Diagnóstico ambiental da Bacia do Araguaia: trecho Barra do Garças (MT) – Luiz Alves (GO).** Goiânia: CDP/IBGE 139p. 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil.** SEPLAN, Brasília, DF. 1982.

KLINK C.A.; MOREIRA, A.G. Past and current human occupation and land-use. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna.** Columbia University Press New York, p69-88. 2002.

KNIGHTON, A.D. **Fluvial Forms and Processes: A new perspective.** Arnold, London. 1998.

LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L.; MORAIS, R.P. **The geomorphologic response of a large pristine alluvial river tremendous deforestation in the South American tropics: the Araguaia case.** Earth Surface Process and Landforms. (no prelo).

LATRUBESSE, M. E.; STEVAUX J.C. **Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil.** Z.Geomorph.N.F. Berlin, Suppl.-Bd.129, p.109-127, 2002.

MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N.S.; TABOR, K. e TEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Relatório técnico. Conservação Internacional, Brasília, DF. 2004.

MACKLIN, M.G.; LEWIN, J. Channel, floodplain and drainage basin response to environmental change. In, THORNE, C. R.; HEY, R. D.; NEWSON, M. D. (Eds) **Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management.** Chichester, Wiley, p.15-45. 1997.

MEADE, R. H. Movement and storage of sediment in river systems. In: LERMAN,A.; MEYBECK, M., (Eds). **Physical and chemical weathering in geo-chemical cycles.** Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p.165–179. 1988.

MENDONÇA, M.R.; THOMAZ, A.J. **A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho.** Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM, v55, p.97-121. 2004.

MONTAVANI, J. E.; PEREIRA, A. **Estimativas da integridade da cobertura vegetal do Cerrado/Pantanal através de dados TM/Landsat.** In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, Santos, SP. 1998.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (Mt) e a foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no período das décadas de 60 e 90.** 2002. 176 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

MORAIS, R.P. **Avaliação qualitativa e semi-quantitativa das variáveis morfométricas e morfológicas do canal do Médio Araguaia.** 2006b (artigo 2).

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste.** Rio de Janeiro: IBGE. p. 23-34.1989.

PIRES, M. O. **Desenvolvimento e sustentabilidade: um estudo sobre a modernização agrícola no cerrado mineiro: os programas governamentais na década de 1970.** 1996. 148p. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília. 1996.

ROCHA, P. C., SOUZA FILHO, E. E., & FERNANDEZ, O. V. Q. **Intensity of erosive processes at channel banks of up Parana river, Porto Rico Town area, Parana State, Brazil.** In International Symposium on Paleohydrology Geomorphology of Large Rivers and Field Conference, Araguaia, p.56-59. 1999.

ROCHA, P.C. **Aspectos Fisiográficos da Planície Aluvial do Alto Rio Paraná, Entre Porto Primavera-MS e Porto 18-PR.** In Encontro Sul-Mato-Gross. De Geógrafos, VII. Três Lagoas-MS. Resumo. 1997.

SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q. e STEVAUX, J. C. **Aspectos morfológicos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR.** Boletim de Geografia – UEM, v.10, p.11-24. 1992.

SANTOS, M.L.; ROCHA, P.C.; COMUNELLO, E. **Sistema Fluvial do Rio Paraná (BRASIL) em seu Curso superior. Um Exmplo de Planície Aluvial em Desequilíbrio.** V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal, p.145-148. 2001.

SCHUMM, S.A. **River metamorphosis.** J. Hydraul. Div., ASCE, 95, p.255-273. 1969.

SCHUMM, S.A. **The Fluvial System.** John Wiley and Sons, New York, 338 p. 1977.

SHIKI, S.; SILVA, J. G. da. & ORTEGA, A. C. **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do cerrado brasileiro.** Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 1997.

SILVA, J.G. **A modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil.** Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1982.

SILVA, A.A. **Estudo das relações entre sistema viário, a rede de drenagem e as ocorrências erosivas na bacia do Alto Araguaia.** 2000. 63p. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2000.

TRIMBLE, S.W., LUND, S.W.. **Soil conservation and the reduction of erosion and sedimentation in the Coon Creek Basin, Wisconsin.** USGS Professional Paper vol. 1234. U.S. Geological Survey, Washington. 1982.

OLIVEIRA, V. C. Suscetibilidade e risco à erosão laminar no setor sul do alto curso da bacia do rio Araguaia (GO/MT): Discussão metodológica e proposta de avaliação espacial. 2004. 192p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 2004.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

As planícies aluviais são superfícies construídas pelo canal fluvial a partir da deposição de sedimentos durante sua migração lateral e inundações. A planície aluvial do médio Araguaia é composta por três unidades morfossedimentares: planície de escoamento impedido (I), planície de paleomeandros (II) e planície de acreção de barras e ilhas (III). Seu período de formação é de idade quaternária. Cada unidade, em função de seu ambiente de formação, apresenta determinadas composições sedimentológicas, que caracterizam a arquitetura interna de seus depósitos.

Quanto à distribuição areal das unidades da planície, a planície de paleomeandros é a mais extensa, seguida pela planície de escoamento impedido e finalmente a planície de acreção de barras e ilhas. A essas unidades morfossedimentares se desenvolve um complexo sistema lacustre com significativa representatividade areal. São nas planícies fluviais onde estão registradas as mudanças históricas do ambiente ao longo do tempo em que ela se formou.

As mudanças ocorridas em canais fluviais têm sua origem no desenvolvimento de dois tipos de processos que são a erosão e a sedimentação. Deve-se, contudo, inserir nesse contexto uma variável de grande importância para que se possa avaliar a intensidade da ação desses dois processos, o tempo.

Erosão e sedimentação são processos naturais de transformação da superfície terrestre na perspectiva do tempo geológico. Mas para o enfoque de alterações morfológicas produzidas em um canal fluvial dentro de curtos intervalos de tempo, deve-se considerar também outro elemento de transformação, o efeito antrópico.

As mudanças em alguns parâmetros morfométricos do canal do rio Araguaia entre os anos de 1965, 1975 e 1998, puderam ser demonstradas na variação dos dados geomorfológicos semi-quantitativos. As modificações identificadas ficam evidentes através da dinâmica de variação numérica e areal das barras e ilhas.

Quanto às barras, verificou-se mudanças no estilo de sedimentação, passando de barras laterais que predominavam até os anos de 1975, para barras centrais. E essas últimas, características de canais entrelaçados, o que nos dá indícios de mudanças morfológicas do canal. Já nas ilhas, houve diminuição em número e área, devido ao aumento da atividade erosiva em ilhas de pequenas dimensões e devido ao

assoreamento de canais secundários que conduziu a uma intensa anexação de ilhas médias à planície aluvial. Esse processo contribuiu para perda de sinuosidade do canal tornando-o mais retilíneo, que tende a eliminar obstáculos para otimizar sua capacidade de transporte de sedimentos.

A eliminação de obstáculos como ilhas e barras e a diminuição da sinuosidade do canal, à medida que permite aumentar a capacidade de transporte de sedimentos vem acompanhada com aumento da velocidade da água e conseqüentemente aumento da atividade erosiva nas margens do canal, ou seja, da sua planície aluvial.

Das três unidades que formam a planície aluvial do Rio Araguaia, a unidade I é a menos afetada pelos processos erosivos por dois motivos: é a unidade mais externa da planície e é formada por sedimentos argilosos, mais resistentes à erosão. A unidade II é onde os processos erosivos atuam com maior intensidade, isso devido a sua proximidade com o canal principal do Araguaia, por ser a unidade de maior distribuição areal no total da planície, e ser formada por uma base arenosa de sedimentos finos sobrepostos. A unidade III está sob a ação de intensa atividade erosiva e de retrabalhamento por estar associada diretamente às influências do regime hidrológico do canal e ser formada por sedimentos arenosos altamente erodíveis.

Fica evidente que está ocorrendo uma destruição gradativa e intensa das unidades mais antigas da planície aluvial em detrimento da construção da unidade mais jovem (unidade III), onde seus sedimentos são constantemente remobilizados.

Cálculos utilizados para quantificar o volume de sedimentos que estão armazenados no canal do rio Araguaia, a partir do balanço entre os processos erosivos e sedimentares, mostraram que, entre 1965 e 1998, é de 233 milhões de toneladas, o que nos dá uma média de 7.220 milhões de toneladas por ano. Esse volume de sedimentos, ao serem distribuídos pela rede hidrográfica dos afluentes, aportou no canal principal, causando assim o reajuste nas formas e nos processos geomórficos do canal e da planície aluvial do médio Araguaia dentro de um curto intervalo temporal.

Vimos que as três unidades que compõem a planície aluvial do Araguaia são a planície de escoamento impedido, planície de paleomeandros e planície acrescida de barras e ilhas. A dinâmica fluvial e o tipo de sedimentos associados às unidades da planície, além de pré-dispor essas unidades a diferentes intensidades de processos erosivos e sedimentares, determinam também a ocorrência de determinadas espécies vegetais.

Dentro da planície aluvial do Araguaia, distinguiu-se quatro categorias de tipos de vegetação: vegetação do tipo pioneira herbácea, arbustiva-arbórea, arbórea e vegetação antropizada (agricultura, pastagens plantadas, áreas de cidades). O cruzamento das unidades morfo-sedimentares e as unidades vegetacionais, resultaram em mapas de unidades morfo-vegetacionais, onde as unidades de vegetação se encontram distribuídas de forma diversificada pelas diferentes unidades geomorfológicas da planície.

Na planície de escoamento impedido (mais antiga), prevalece vegetações do tipo arbórea; na planície de paleomeandros (intermediária), destaca-se os tipos arbóreo e arbustivo-arbóreo; na planície acrescida de ilhas e barras arenosas (mais jovem) destaca-se a vegetações do tipo pioneira herbácea. E nas ilhas, a vegetação dominante é do tipo arbustivo-arbórea.

Considerando a dinâmica fluvial do canal do Araguaia, conclui-se que os processos erosivos e sedimentares que atuam na planície aluvial são, também, fatores que influenciam na dinâmica de sucessão vegetal. A erosão provoca remoção de determinados tipos de vegetação associadas a unidades da planície aluvial consideradas mais estáveis onde se desenvolvem vegetações de grande porte.

Assim, vimos que os maiores percentuais de tipos de vegetação destruídas pelos processos erosivos são do tipo arbustiva-arbórea e arbórea, que estão associadas às unidades I e II, que por serem as unidades mais antigas da planície, uma vez erosionadas, não podem ser regeneradas, assim como as ilhas que ao longo do período também já foram erodidas.

Conclui-se que, uma vez erosionadas, essas superfícies não mais se recompõem, visto que a unidade de acreção de barras e ilhas (unidade III) encontra-se em processo de construção, cuja vegetação característica é composta principalmente por gramíneas, as maiores representantes herbáceas associadas a essa jovem unidade geomorfológica em retrabalhamento constante, o que impede o desenvolvimento de vegetação de grande porte. Isso significa que, nos últimos 33 anos, período em que esses processos foram diagnosticados, houve uma perda significativa de áreas da planície que sustentam uma grande diversidade de espécies florísticas, e de habitats aquáticos.

Dentro de outra perspectiva, que também assola a bacia do rio Araguaia, vimos também que as mudanças no uso da terra na área, a partir da década de 1970, permitiu o avanço da fronteira agrícola para a região de domínio do Cerrado, desencadeando um intenso ritmo de desmatamento para ceder lugar às atividades agropecuárias.

No Estado de Goiás, as áreas antropizadas que no ano de 1965/66 eram menores que 1%, passaram para mais de 25% em 1976, alcançando no ano 2000 um índice de 72% de áreas desmatadas. O crescimento econômico da região está diretamente relacionado com o desmatamento do Cerrado que incorpora áreas, antes de vegetação natural, ao sistema produtivo.

Isso nos leva a concluir que são os fatores indiretos como desmatamento e tipos de uso da terra que intensificam a produção de sedimentos que são distribuídos e transportados pela rede hidrográfica. Esse processo conduz a mudanças morfológicas no canal fluvial do Araguaia, cuja característica principal é a sedimentação do seu leito e, conseqüentemente, assoreamento.

As mudanças nos canais fluviais são produtos dos processos de erosão e sedimentação. Isso leva tempo. Como se verificou na análise referente às décadas iniciais, as modificações no sistema não manifestaram respostas imediatas, mas iniciariam mudanças que se estenderiam ao longo do tempo e que ainda não se revelaram por completo.

BIBLIOGRAFIA

ARAGÃO, L. T. Ocupação humana no Cerrado de Brasília. In: PINTO, M. N. **Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. 1993.

ARAÚJO, F.R. **Controles Abióticos da Vegetação na Planície Aluvial do rio Araguaia**. Relatório (PIBIC)-Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.21p.2002.

ASHWORTH, P.J. **Mid-channel bar growth and its relationship to local flow strength and direction**. Earth Surface Process and Landforms, v.21, p.103-230.1996.

BARBALHO, M.S.G. **Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle de processos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT)**. 2002. 189p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia: entre Barra do Garças e Cocalinho**. 2002. p.138. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.2002.

BEST, J.L.; BRINSTOW, C.S. **Braided Rivers**. Geological Society Especial Publication No75. The Geological Society, London, p.1-11. 1993.

BRICE, J. C. **Index for description of channel braiding** . Bulletin of the Geological Society of America, v.71. 1960.

BRICE, J.C. **Channel patterns and terraces of the Loup Rivers in Nebraska**. USGS Professional Paper 422-D. Washington: US Government Printing Office. 1964.

BROOKES, A. River Restoration Experience in Northern Europe. In BROOKS, A.; SHIELDS, F.A. (Eds.) **River Channel Restoration**. Wiley, Chichester, p. 233-268. 1996.

CARVALHO, M.T. **Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macrogeomofológicas: o Caso da Bacia Hidrográfica do Araguaia**. Exame de Qualificação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2004.

CASADO, A. P.B.; HOLANDA, F.S.; FONTES, L.C.S. **Análise do processo de erosão marginal no baixo São Francisco Sergipano**. In Simpósio Nacional de Controle de Erosão, VII. Associação Brasileira de Engenharia e Ambiental, Goiânia, GO. 2001.

CASTRO, S.S.; BARBALHO, M.S.G.; MARINHO, G.V.; CAMPOS, A.B.; SALOMÃO, X.T.; VECHIATTO, A.B. **Condicionantes Geológicas, Geomorfológicas, Pedológicas e uso e manejo dos solos na circulação hídrica e processos de voçorocamento na alta bacia do rio Araguaia (GO/MT)**. In Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, XIV, Cuiabá, MT. P.391-423. 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blüchler, 1980.

- CHURCH, M. Channel morphology and Typology. In: PETTS, G.; CALOW, P. (eds.) **River Flows and Channel Forms**. London: Blackwell Science, 1996. p.185-202
- CHURCH, M.; JONES, D. Channel bars in gravel-bed rivers. In: HEY, R.D., BATHURST, J.C.; THORNE, C.R. (eds). **Gravel bed rivers**. Chichester, Wiley, p.291-338.1982.
- COUTINHO, L.M. **O conceito de Cerrado**. Rev. Brasil. Bot, v.1, p.17-23. 1978.
- CUNHA, A. S. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. Estudos de Políticas Agrícolas**. Brasília, v.13, n.23, p.110-120. 1994.
- DANSEREAU, P. **Introdução à Biogeografia**. Revista Brasileira de Geografia, n01, p.69-75.1949.
- DEARING J.A. Erosion and land use. In BERGLUND, B.E. (ed.). **The Cultural Landscape During 6000 Years in Southern Sweden: The Ystad Project**. Munskgaard, Copenhagen, p.283-292. 1991.
- DIAS, B.F.S. A conservação da natureza. In: PINTO, M.N. (org.). **Cerrado caracterização, ocupação e perspectivas**. 2a edição, Editora Universidade de Brasília, Brasília-DF, p.607-663. 1994.
- DRAGO, E. C. **Origen y clasificacion de ambientes lentícos en llanuras aluviales**. Rev. Assoc. Cienc.. Nat. Lit. n.7, p.123-137, 1976.
- DURY, G. H. Magnitude-frequency analysis and channel morphometry. In: MORISAWA, M. (ed). **Fluvial Geomorphology**. Boston, Allen and Unwin, 1973. p. 91-112.
- ENGELUND, F.; SKOVGAARD, O. **On the origin of meandering and braiding in alluvial streams**. J. Fluid Mech. V57, p.289-302. 1973.
- FERGUNSON, R.I. Understanding braiding process in gravel-bed rivers: progress and unsolved problems. In: BEST, J.L. AND BRISTOW, C.S. (Eds). **Braided rivers**. Special Publication of the Geological Society of London ,v.75, p.73-87.1993.
- FERNANDEZ, O. V.Q.; SANTOS, M.L.; STEVAUX, J.C. **Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, Região de Porto Rico (PR)**. In Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Natal (RN). Boletim de resumos Expandidos, v.2, p.310-311. 1990.
- FONTES, L.C.S. **Erosão marginal do baixo curso do Rio São Francisco: um estudo de caso de impactos geomorfológicos à jusante de grandes barragens**. 2002. 245p. Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Pós-Graduação e Estudos do Semi-árido, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, SE. 2002.
- FRANÇA, A. M. **Ordenamento geomorfológicos dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Araguaia**. 2002. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2002. 49p.

- FRANCO, S. M. **O grande vale do Araguaia: transformações da bacia do Araguaia em Goiás.** 2003. 382 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2003.
- FRIEND, P. F.; SINHA, R. Braided and meandering parameters. In: BEST, J. L. A.; BRISTOW, C. S. (Ed.). **Braided Rivers.** Geological Society Special Publication, v.75, p.105-111. 1993.
- GILVEARD, J. River management and conservation issues on formerly braided river systems: the case of the river Tay, Scotland. In: BEST, J.L.; BRISTOW, C.S. (Eds). **Braided Rivers.** Geological Society Special publication, p. 231–240. 1993.
- HONG, L. B.; DAVIS, T. R. H. **A study of stream braiding.** Geological Society of America bulletin, v.79, p. 671-689. 1979.
- HOOKE, J.M. Styles of channel change. In THORNE, H & NEWSON, E (Eds). **Applied Fluvial Geomorphology for river engineering and management.** New York: John Wiley and Sons, 1997. pp. 237-268. 1997
- HOWARD, A.D.; KEETCH, M.E.; VINCENT, C.L. **Topological and geometrical properties of braided rivers.** Wat. Resour.Res., v6. p.74-88. 1970.
- IBGE. **Diagnóstico ambiental da Bacia do Araguaia: trecho Barra do Garças (MT) – Luiz Alves (GO).** Goiânia: CDP/IBGE 139p. 1999.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário Estatístico do Brasil.** SEPLAN, Brasília, DF. 1982.
- IRIONDO, M. ; SUGUIO, K. **Neotectonic of the Amazon plain.** Bulletin INQUA, Neotectonic Commission, v.4, p.72-78.1998.
- IRIONDO, M., and SUGIO, K. **Neotectonics of the Amazon plain.** International, 1981
- JOLY, A. B. **Conheça a vegetação brasileira.** São Paulo: USP, 1970. 181 p.
- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B., SPARKS, R.E. **The Flood Pulse Concept in River-Floodplain-Systems.** Fish. Aquat. Science. v106, p. 110-127. 1989.
- JUNK, W.J.; FURCH, K.A.; **A general review of tropical South American floodplains.** Wetlands Ecol. Manag., Dordrecht, v.2, p.231-238.1993.
- KELLERHALS R. and CHURCH, M. The morphology of large rivers: characterization and management. In: DODGE, P. (ed.). **Proceedings of the Large Rivers.** Symposium. Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, v.106, p.31-48. 1989.
- KLINK C.A.; MOREIRA, A.G. Past and current human occupation and land-use. In: P.S. OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J (Eds.). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna.** Columbia University Press New York, p69-88. 2002.
- KNIGHTON, A.D. **Fluvial Forms and Processes: A new perspective.** Arnold, London. 1998.

- LATRUBESSE, E.M.; AMSLER, M.L.; MORAIS, R.P. **The geomorphologic response of a large pristine alluvial river tremendous deforestation in the South American tropics: the Araguaia case.** Earth Surface Process and Landforms. (no prelo).
- LATRUBESSE, E.M.; CARVALHO, T.M.; STEVAUX, J.C. **Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal.** Superintendência de Geologia e Mineração – Governo de Goiás, Goiânia – GO. 1:250000. 2005.
- LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI, E. **The Holocene alluvial plaino of the middle Amazon river, Brazil.** Geomorphology, v.44, p.241-257.2002.
- LATRUBESSE, E.M.; FRANZINELLI, E. **The Late quaternary evolution of the Negro river, Amazon, Brazil: Implications for Island and floodplain formation in large anabranching tropical systems.** Z.Geomorph.N.F. Berlin: 2005.
- LATRUBESSE, E.M.; STEVAUX, J. C.; BAYER, M.; PRADO, R. **The Araguaia-Tocantins fluvial basin.** In: International Symposium of Geomorphology and paleohydrology of large rivers-GLOCOPH/IAG. Goiânia: Editora da UFG, p. 148-151. 1999.
- LATRUBESSE, E.M; STEVAUX J.C. **Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil.** Z.Geomorph.N.F. Berlin, Suppl.-Bd.129, p.109-127, 2002.
- LATRUBESSEM, E.M.; FRANZINELLI, E. **The Holocene alluvial plaino of the middle Amazon river, Brazil.** Geomorphology, v.44, p.241-257.2002.
- LEOPOLD, L. e WOLMAN, M. **River channel patern, braided, meandering and straight.** U. S. Geological Survey, 282p, 1957.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial process in geomorphology.** San Francisco: H.W.Freeman. 1964.
- LEWIN, J. Floodplain construction and erosion. In: PETTS,G. CALOW, P. (eds). **River Flows and Channel Forms.** Blackwell Scince, p.220.1996.
- LEWIN, J. **Meander development and floodplain sedimentation: a case study from mid-Wales.** Geol. J., v.13, p.25-36. 1978.
- MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N.S.; TABOR, K. e TEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Relatório técnico. Conservação Internacional, Brasília, DF. 2004.
- MACKLIN, M.G.; LEWIN, J. Channel, floodplain and drainage basin response to environmental change. In, THORNE, C. R.; HEY, R. D.; NEWSON, M. D. (eds) Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management, Chichester, Wiley, p.15-45. 1997.
- MEADE, R. H. Movement and storage of sediment in river systems. In: LERMAN, A.; MEYBECK, M. (Eds). **Physical and chemical weathering in geo-chemical cycles.** Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p.165–179. 1988.

MENDONÇA, M.R.; THOMAZ, A.J. **A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho.** Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM, v55, p.97-121. 2004.

MIALL, A.D. **A review of the braided-river depositional environment.** Earth-Science Reviews, v.13, p.1-62.1977.

MIALL, A.D. **Principles of Sedimentary. Basin Analysis.** Springer-Verlag. p. 490. 1985.

MONTAVANI, J. E.; PEREIRA, A. **Estimativas da integridade da cobertura vegetal do Cerrado/Pantanal através de dados TM/Landsat.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, Santos, SP. 1998.

MORAIS, R. P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (Mt) e a foz do rio Cristalino na Ilha do Bananal no período das décadas de 60 e 90.** 2002. 176 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2002.

MORAIS, R. P. **Geomorfologia da planície aluvial e descrição das morfologias associadas ao canal do Médio Araguaia.** 2006a.

MORAIS, R.P. **Avaliação qualitativa e semi-quantitativa das variáveis morfométricas e morfológicas do Rio Araguaia.** 2006b .

MORAIS, R.P. OLIVEIRA, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; PINHEIRO, R.C. **Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia.** Acta Sci. Biol, Sci., v.27, p.203-213.2005.

MOSLEY, M. P. **Semi-determinete hydraulic geometry of river channels, South Island. New Zeland.** Earth Surface Processes and Landforms, v.6, p.127-137. 1981.

NANSON, G.C.; CROKE, J.C. **A genetic classifications of Floodplains.** Geomorphology, Amsterdam, v4, p.459-486. Elsevier 1992.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste.** Rio de Janeiro: IBGE. p. 23-34.1989.

OLIVEIRA, V. C. **Susceptibilidade e risco à erosão laminar no setor sul do alto curso da bacia do rio Araguaia (GO/MT): Discussão metodológica e proposta de avaliação espacial.** 2004. 192p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. 2004.

PIRES, M. O. **Desenvolvimento e sustentabilidade: um estudo sobre a Modernização agrícola no cerrado mineiro: os programas governamentais na década de 1970.** 1996. 148p. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Departamento de Sociologia, Universidade de Brasília, Brasília. 1996.

REMMERT, H. **The Mosaic-Cicle Concept of Ecosystems.** Springer, Verlag – Berlim, v85. 185p.1991.

RICHARDS, K. S. **Rivers: Form and process in alluvial channels.** London: Methuen. 1982. 361 p.

ROCHA, P. C., SOUZA FILHO, E. E., & FERNANDEZ, O. V. Q. **Intensity of erosive processes at channel banks of up Parana river, Porto Rico Town area, Parana State, Brazil.** In International Symposium on Paleohydrology Geomorphology of Large Rivers and Field Conference, Araguaia, p.56-59. 1999.

ROCHA, P.C. **Aspectos Fisiográficos da Planície Aluvial do Alto Rio Paraná, Entre Porto Primavera-MS e Porto 18-PR.** In: Encontro Sul-Mato-Gross. De Geógrafos, VII. Três Lagoas-MS. Resumo. 1997.

RUST, B.R. A classification of alluvial channel systems. In: MIALL, A. (Ed.) **Fluvial Geomorphology.** Canadian Soc. Petrol. Geol, p.187-197. 1978

SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q.; STEVAUX, J. C. **Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR.** Boletim de Geografia – UEM, 10 (1), p.11-24. 1992.

SANTOS, M.L.; ROCHA, P.C.; COMUNELLO, E. **Sistema Fluvial do Rio Paraná (BRASIL) em seu Curso superior. Um Exmplo de Planície Aluvial em Desequilíbrio.** V REQUI/ I CQPLI, Lisboa, Portugal, p.145-148. 2001.

SCHUMM, S.A. **River metamorphosis.** Journal of Hydraulic Division, ASCE, 95, p.255-273. 1969.

SCHUMM, S.A. **The Fluvial System.** New York: John Wiley and Sons, 1977. 338 p.

SHIKI, S.; SILVA, J. G. ; ORTEGA, A. C. **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do cerrado brasileiro.** Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 1997.

SILVA, A. A. **Estudo das relações entre sistema viário, a rede de drenagem e as ocorrências erosivas na bacia do Alto Araguaia.** 2000. 63p. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2000.

SILVA, J.G. **A modernização dolorosa: estrutura agrária, fronteira agrícola e trabalhadores rurais no Brasil.** Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1982.

SIMONS, L.I. **Engineering Analysis of Fluvial Systems.** Fort. Collins, Colorado, USA. 1982.

THORNE, C. R. ; HEY, R.D.; NEWSON, M.D. **Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management.** John Wiley & Sons Ltd, 1997. cap.7, p.176-220.

THORNE, C.R.; RUSSEL, A.P.G.; ALAM, M.K. Platform pattern and channel evolution of Brahmaputra River, Bangladesh. In: BEST, J.L.; BRISTOW, C.S. (eds). **Braided Rivers.** Geol. Soc. Of London Sepc. Pub, v.75, p. 257-276. 1993

TIMMS, B. V. **Lakes Geomorphology.** Austrália: Gleneagles Agency, 1992.

TRIMBLE, S.W., LUND, S.W.. **Soil conservation and the reduction of erosion and sedimentation in the Coon Creek Basin, Wisconsin.** USGS Professional Paper vol. 1234. U.S. Geological Survey, Washington. 1982.

WARD, J. A. **Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation.** Regulated Rivers, v.1, p.105-119. 1995.

ANEXOS

Result Analysis Report

Sample Name:
sequencia A - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:39:43

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:39:44

Sample bulk lot ref:
A

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
10.81 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.075 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.1910 %Vol

Span :
1.174

Uniformity:
0.369

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0496 m²/g

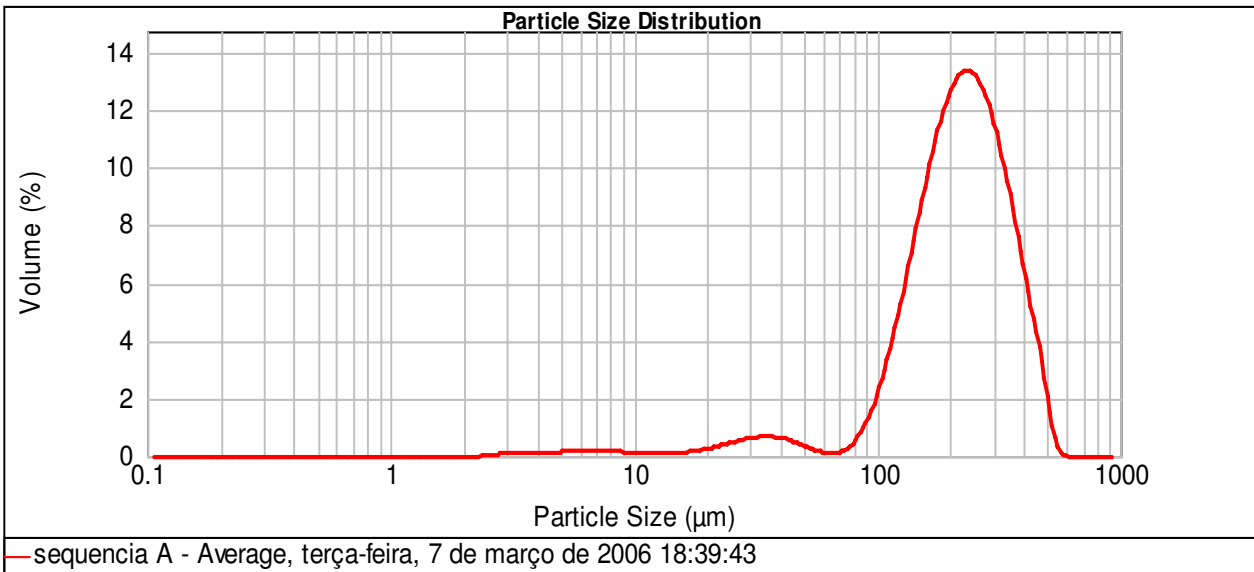
Surface Weighted Mean D[3,2]:
121.046 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
232.316 um

d(0.1): 115.150 um

d(0.5): 221.798 um

d(0.9): 375.611 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.09	120.226	5.26	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.09	138.038	7.50	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.12	158.489	9.60	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.18	181.970	11.24	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.28	208.930	12.05	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.40	239.883	11.86	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.05	26.303	0.52	275.423	10.70	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.07	30.200	0.60	316.228	8.76	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.09	34.674	0.61	363.078	6.39	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.11	39.811	0.52	416.869	4.04	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.13	45.709	0.36	478.630	1.36	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.14	52.481	0.18	549.541	0.00	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.15	60.256	0.08	630.957	0.00	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.15	69.183	0.20	724.436	0.00	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.14	79.433	0.72	831.764	0.00	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.13	91.201	1.72	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.10	104.713	3.28	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.09	120.226		1258.925	0.00		

Operator notes: BL confluencia RA-RV

Result Analysis Report

Sample Name:
BC-BL - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:47:50

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:47:51

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
11.14 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.719 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.5920 %Vol

Span :
1.131

Uniformity:
0.348

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0174 m²/g

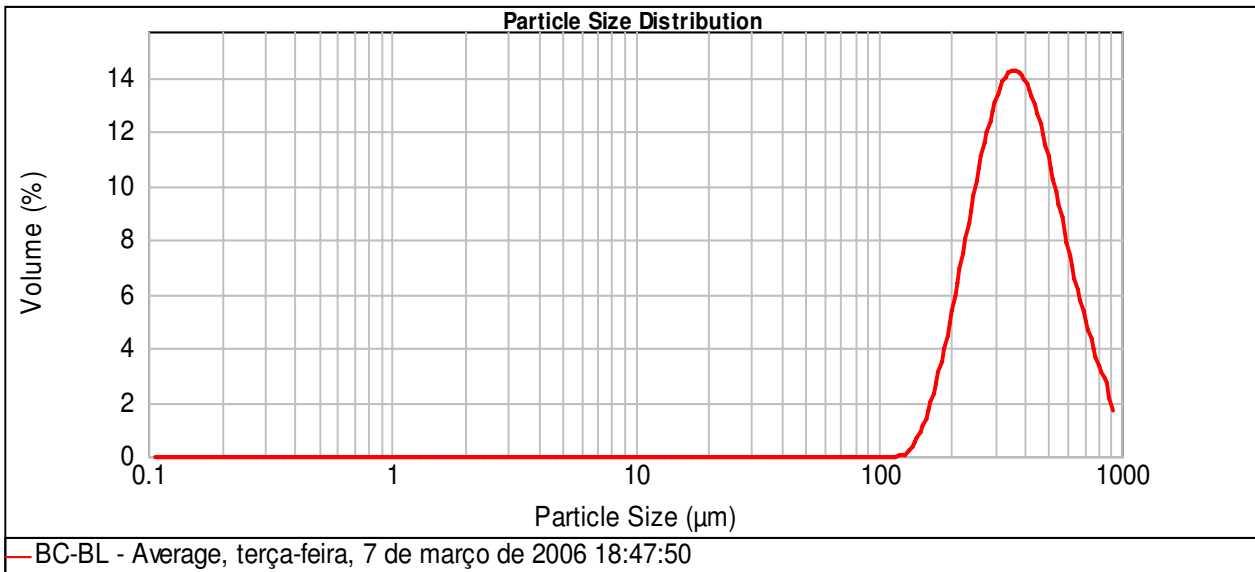
Surface Weighted Mean D[3,2]:
345.360 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
404.366 um

d(0.1): 221.866 um

d(0.5): 370.770 um

d(0.9): 641.179 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.05	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.00	138.038	0.78	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.00	158.489	2.20	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.00	181.970	4.32	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.00	208.930	6.86	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.00	239.883	9.47	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.00	275.423	11.59	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.00	316.228	12.77	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.00	363.078	12.74	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.00	416.869	11.57	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	9.61	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.00	52.481	0.00	549.541	7.33	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.00	60.256	0.00	630.957	5.21	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.00	69.183	0.00	724.436	3.46	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.00	79.433	0.00	831.764	2.04	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.00	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.00	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.00	1258.925	0.00		

Operator notes: Ponto 07 20-11

Result Analysis Report

Sample Name:
Barra Pontal - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:56:53

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:56:54

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
11.33 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.847 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.5247 %Vol

Span :
1.301

Uniformity:
0.4

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.022 m²/g

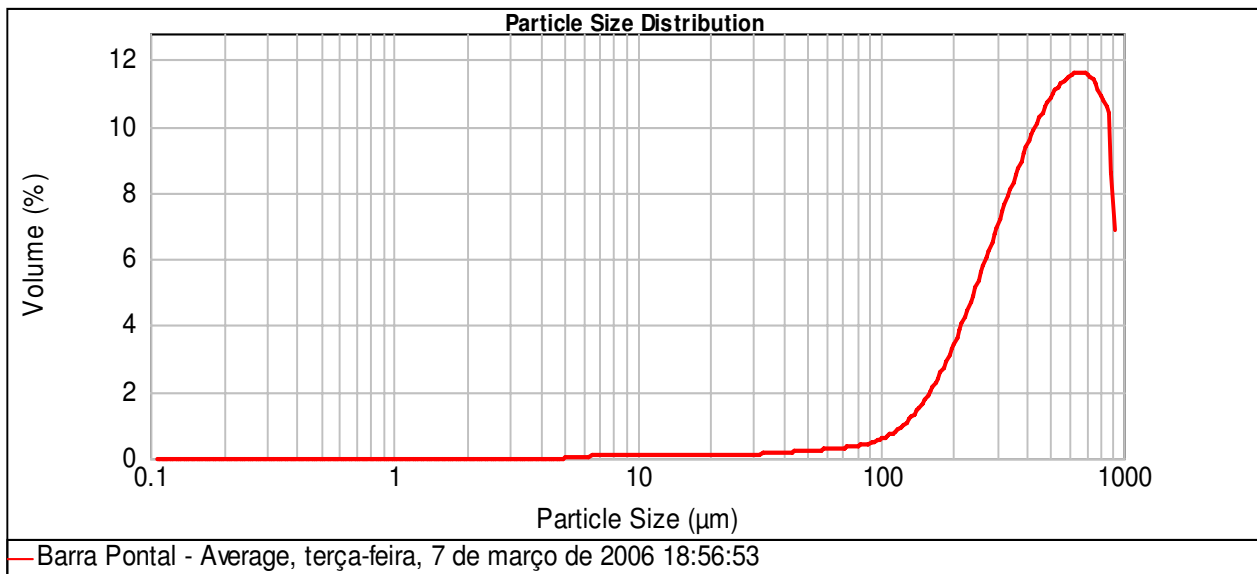
Surface Weighted Mean D[3,2]:
273.328 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
485.299 um

d(0.1): 196.754 um

d(0.5): 471.839 um

d(0.9): 810.474 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.10	120.226	0.99	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.10	138.038	1.45	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.09	158.489	2.08	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.09	181.970	2.90	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.09	208.930	3.87	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.09	239.883	4.96	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.10	275.423	6.10	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.11	316.228	7.23	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.14	363.078	8.27	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.17	416.869	9.18	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.20	478.630	9.90	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.00	52.481	0.22	549.541	10.35	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.04	60.256	0.26	630.957	10.49	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.08	69.183	0.30	724.436	10.09	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.08	79.433	0.36	831.764	8.17	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.09	91.201	0.48	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.10	104.713	0.68	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.10	120.226	0.10	1258.925	0.00		

Operator notes: Sequencia 1 em frente ao porto centro da barra

Result Analysis Report

Sample Name:
Barra Pontal - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:03:25

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:03:27

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
11.68 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.383 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.3570 %Vol

Span :
1.440

Uniformity:
0.439

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0319 m²/g

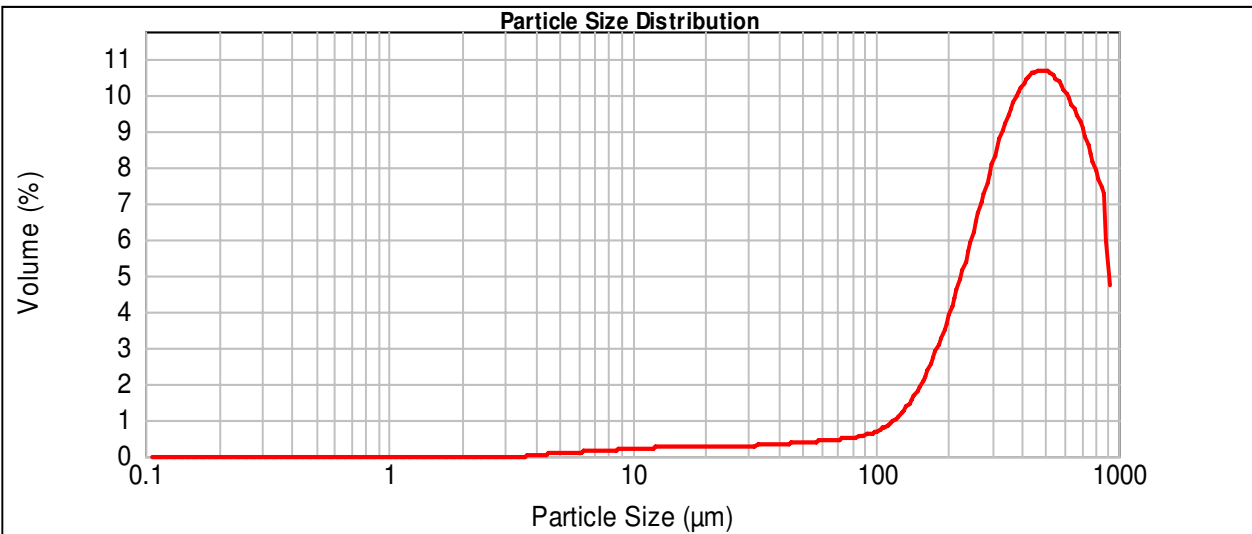
Surface Weighted Mean D[3,2]:
188.343 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
439.274 um

d(0.1): 163.882 um

d(0.5): 417.640 um

d(0.9): 765.431 um



— Barra Pontal - Average, terça-feira, 7 de março de 2006 19:03:25

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.21	120.226	1.10	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.23	138.038	1.60	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.24	158.489	2.32	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.24	181.970	3.30	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.24	208.930	4.46	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.25	239.883	5.78	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.25	275.423	7.09	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.26	316.228	8.27	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.28	363.078	9.14	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.02	39.811	0.31	416.869	9.61	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.06	45.709	0.34	478.630	9.63	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.09	52.481	0.37	549.541	9.23	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.10	60.256	0.40	630.957	8.52	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.13	69.183	0.43	724.436	7.49	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.15	79.433	0.49	831.764	5.65	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.17	91.201	0.59	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.19	104.713	0.78	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.21	120.226	0.00	1258.925	0.00		

Operator notes: Sequencia 2 em frente ao porto borda da barra

Result Analysis Report

Sample Name:
BC em frente o porto - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:11:08

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:11:09

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... μm

Obscuration:
11.27 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.060 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.4170 %Vol

Span :
1.641

Uniformity:
0.498

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0256 m^2/g

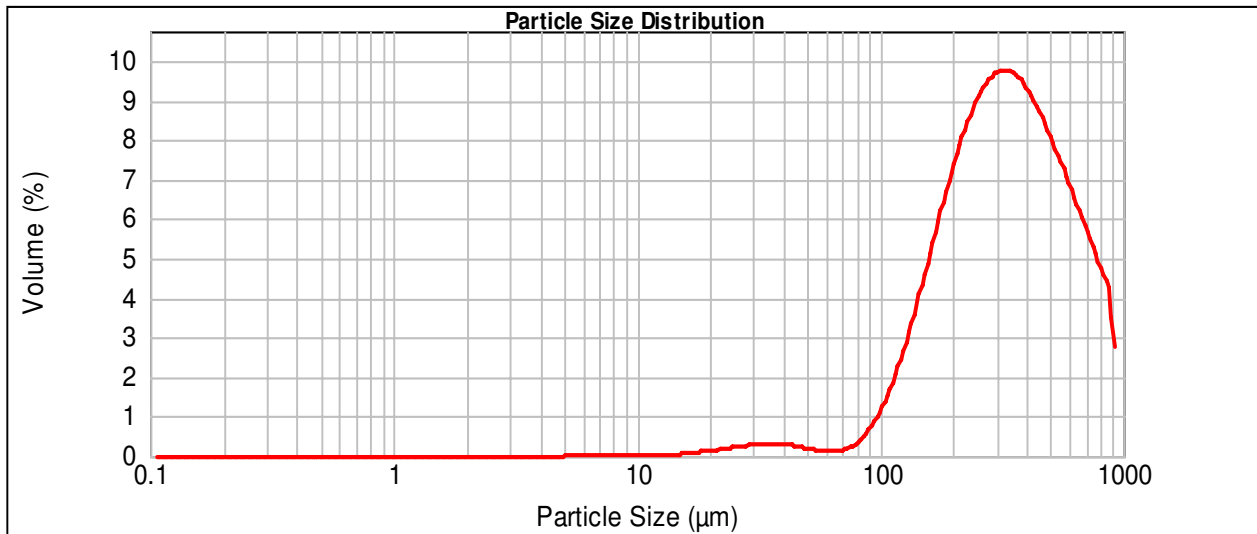
Surface Weighted Mean D[3,2]:
234.208 μm

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
371.728 μm

d(0.1): 148.948 μm

d(0.5): 326.152 μm

d(0.9): 684.251 μm



— BC em frente o porto - Average, terça-feira, 7 de março de 2006 19:11:08

Size (μm)	Volume In %	Size (μm)	Volume In %	Size (μm)	Volume In %	Size (μm)	Volume In %	Size (μm)	Volume In %	Size (μm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.02	120.226	2.67	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.04	138.038	3.88	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.07	158.489	5.16	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.11	181.970	6.43	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.14	208.930	7.50	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.19	239.883	8.30	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.24	275.423	8.74	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.27	316.228	8.80	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.28	363.078	8.50	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.25	416.869	7.92	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.19	478.630	7.16	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.01	52.481	0.13	549.541	6.30	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.02	60.256	0.11	630.957	5.44	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.02	69.183	0.19	724.436	4.54	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.02	79.433	0.44	831.764	3.31	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.02	91.201	0.92	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.02	104.713	1.67	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.02	120.226		1258.925			

Operator notes: Barra central em frente o porto sequencia b

Result Analysis Report

Sample Name:
Barra Mista BC - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:18:15

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:18:16

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
10.97 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
2.194 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.8087 %Vol

Span :
1.014

Uniformity:
0.31

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0132 m²/g

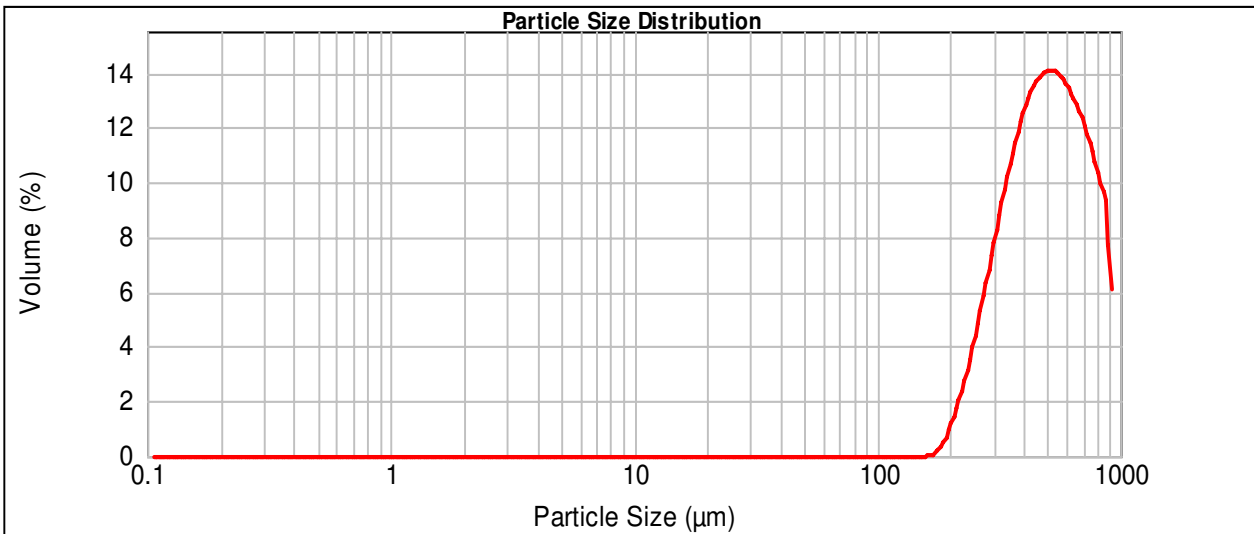
Surface Weighted Mean D[3,2]:
455.454 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
521.751 um

d(0.1): 293.288 um

d(0.5): 497.917 um

d(0.9): 798.399 um



— Barra Mista BC - Average, terça-feira, 7 de março de 2006 19:18:15

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.00	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.00	158.489	0.00	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.00	181.970	0.02	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.00	208.930	0.79	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.00	239.883	2.21	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.00	275.423	4.27	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.00	316.228	6.66	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.00	363.078	9.06	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.00	416.869	11.04	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	12.32	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.00	52.481	0.00	549.541	12.74	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.00	60.256	0.00	630.957	12.36	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.00	69.183	0.00	724.436	11.39	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.00	79.433	0.00	831.764	9.86	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.00	91.201	0.00	954.993	7.28	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.00	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.00	1258.925	0.00		

Operator notes: amostra1 sequencia A

Result Analysis Report

Sample Name:
Barra Mista area entre a BC e I -

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:28:56

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 19:28:57

Sample bulk lot ref:

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
12.17 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.442 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.1379 %Vol

Span :
1.344

Uniformity:
0.415

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0776 m²/g

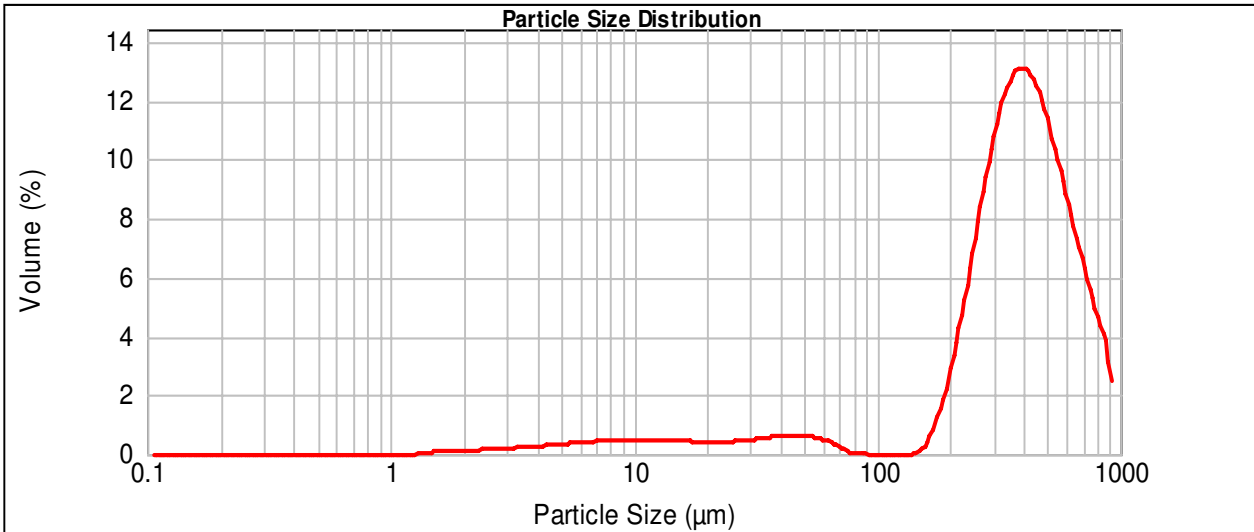
Surface Weighted Mean D[3,2]:
77.315 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
401.958 um

d(0.1): 165.030 um

d(0.5): 385.973 um

d(0.9): 683.920 um



— Barra Mista area entre a BC e I - Average, terça-feira, 7 de março de 2006 19:28:56

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.44	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.01	13.183	0.42	138.038	0.06	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.01	15.136	0.40	158.489	0.76	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.08	17.378	0.38	181.970	2.22	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.09	19.953	0.37	208.930	4.37	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.13	22.909	0.38	239.883	6.96	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.15	26.303	0.42	275.423	9.40	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.18	30.200	0.47	316.228	11.17	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.21	34.674	0.53	363.078	11.84	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.25	39.811	0.57	416.869	11.36	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.28	45.709	0.57	478.630	9.99	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.32	52.481	0.51	549.541	8.15	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.36	60.256	0.36	630.957	6.31	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.39	69.183	0.12	724.436	4.61	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.42	79.433	0.00	831.764	2.97	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.44	91.201	0.00	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.45	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.45	120.226	0.00	1258.925	0.00		

Operator notes: Barra Mista area entre a BC e I amostra2 sequencia B

Result Analysis Report

Sample Name:
barra central - Average

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:11:10

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:11:11

Sample bulk lot ref:
5

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
8.98 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
1.306 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.4721 %Vol

Span :
0.861

Uniformity:
0.271

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.017 m²/g

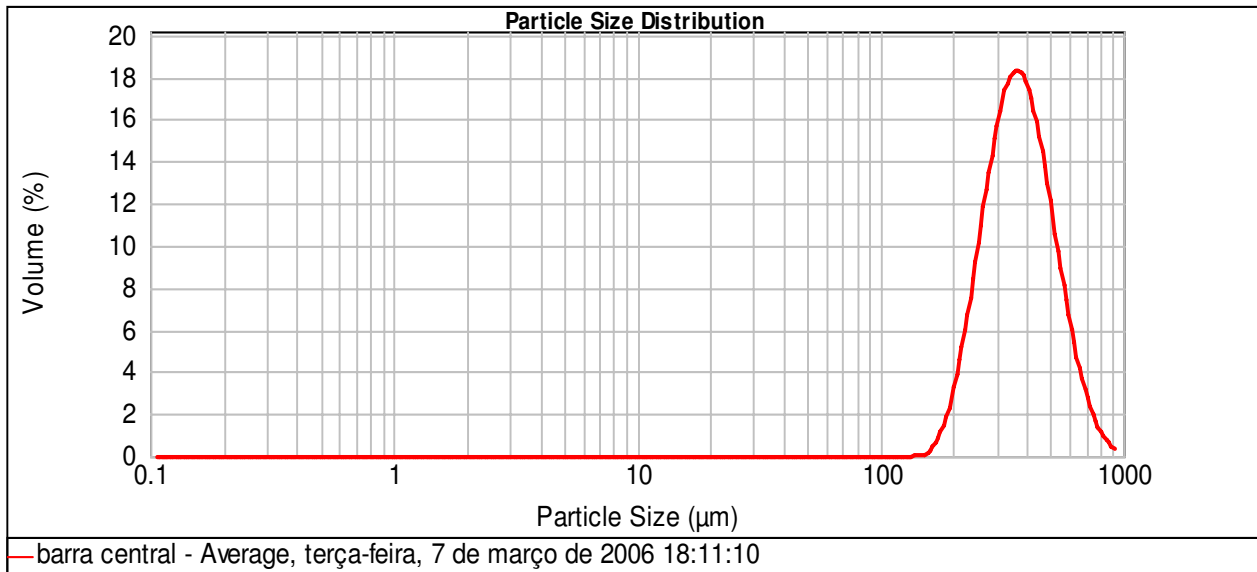
Surface Weighted Mean D[3,2]:
352.903 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
390.572 um

d(0.1): 246.195 um

d(0.5): 368.891 um

d(0.9): 563.746 um



Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.00	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.00	138.038	0.00	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.00	158.489	0.02	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.00	181.970	0.62	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.00	208.930	2.37	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.00	239.883	5.50	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.00	275.423	9.67	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.00	316.228	13.68	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.00	363.078	16.22	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.00	416.869	16.29	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	13.96	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.00	52.481	0.00	549.541	10.22	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.00	60.256	0.00	630.957	6.33	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.00	69.183	0.00	724.436	3.29	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.00	79.433	0.00	831.764	1.39	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.00	91.201	0.00	954.993	0.45	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.00	104.713	0.00	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.00	1258.925	0.00		

Operator notes: ponto 05 19-11-05

Result Analysis Report

Sample Name:
Canal assoreado entre ilha e planície -

SOP Name:

Measured:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:29:21

Sample Source & type:
Supplier = Roberto

Measured by:
Brasil

Analysed:
terça-feira, 7 de março de 2006 18:29:22

Sample bulk lot ref:
3

Result Source:
Averaged

Particle Name:
Default

Accessory Name:
Hydro 2000MU (A)

Analysis model:
General purpose

Sensitivity:
Normal

Particle RI:
1.520

Absorption:
0.1

Size range:
0.100 to 1000.0... um

Obscuration:
8.58 %

Dispersant Name:
Water

Dispersant RI:
1.330

Weighted Residual:
3.497 %

Result Emulation:
Off

Concentration:
0.7969 %Vol

Span :
0.788

Uniformity:
0.243

Result units:
Volume

Specific Surface Area:
0.0111 m²/g

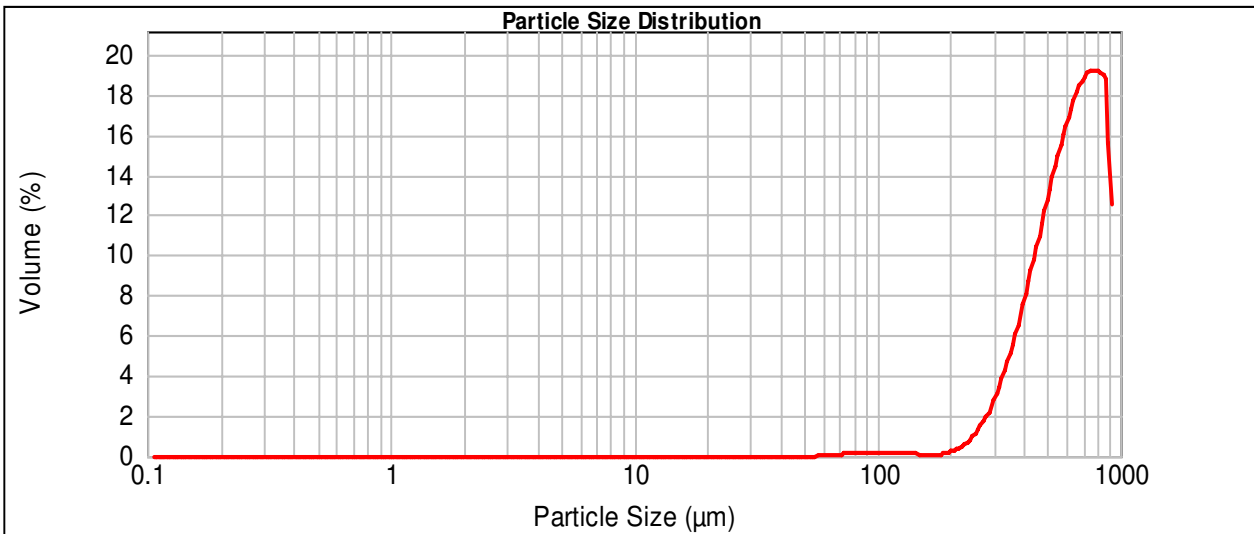
Surface Weighted Mean D[3,2]:
541.278 um

Vol. Weighted Mean D[4,3]:
617.172 um

d(0.1): 373.003 um

d(0.5): 624.202 um

d(0.9): 864.716 um



— Canal assoreado entre ilha e planície - Average, terça-feira, 7 de março de 2006 18:29:21

Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %	Size (µm)	Volume In %
0.010	0.00	0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.14	1258.925	0.00
0.011	0.00	0.120	0.00	1.259	0.00	13.183	0.00	138.038	0.09	1445.440	0.00
0.013	0.00	0.138	0.00	1.445	0.00	15.136	0.00	158.489	0.06	1659.587	0.00
0.015	0.00	0.158	0.00	1.660	0.00	17.378	0.00	181.970	0.16	1905.461	0.00
0.017	0.00	0.182	0.00	1.905	0.00	19.953	0.00	208.930	0.44	2187.762	0.00
0.020	0.00	0.209	0.00	2.188	0.00	22.909	0.00	239.883	1.11	2511.886	0.00
0.023	0.00	0.240	0.00	2.512	0.00	26.303	0.00	275.423	2.28	2884.032	0.00
0.026	0.00	0.275	0.00	2.884	0.00	30.200	0.00	316.228	4.06	3311.311	0.00
0.030	0.00	0.316	0.00	3.311	0.00	34.674	0.00	363.078	6.40	3801.894	0.00
0.035	0.00	0.363	0.00	3.802	0.00	39.811	0.00	416.869	9.16	4365.158	0.00
0.040	0.00	0.417	0.00	4.365	0.00	45.709	0.00	478.630	12.05	5011.872	0.00
0.046	0.00	0.479	0.00	5.012	0.00	52.481	0.00	549.541	14.67	5754.399	0.00
0.052	0.00	0.550	0.00	5.754	0.00	60.256	0.05	630.957	16.62	6606.934	0.00
0.060	0.00	0.631	0.00	6.607	0.00	69.183	0.10	724.436	17.35	7585.776	0.00
0.069	0.00	0.724	0.00	7.586	0.00	79.433	0.13	831.764	14.80	8709.636	0.00
0.079	0.00	0.832	0.00	8.710	0.00	91.201	0.16	954.993	0.00	10000.000	0.00
0.091	0.00	0.955	0.00	10.000	0.00	104.713	0.16	1096.478	0.00		
0.105	0.00	1.096	0.00	11.482	0.00	120.226	0.16	1258.925	0.00		

Operator notes: amostra 3 sequencia C