

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

MAXIMILIANO BAYER

**Dinâmica do transporte, composição  
e estratigrafia dos sedimentos da  
planície aluvial do rio Araguaia.**

Goiânia  
2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MAXIMILIANO BAYER

# **Dinâmica do transporte, composição e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do rio Araguaia.**

Tese apresentada ao programa de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

**Área de concentração:** Estrutura e Dinâmica Ambiental

**Orientador da tese:**

Dr. Edgardo M. Latrubesse

**Co-Orientador :**

Dr. Nelson Roberto Antoniosi Filho

Goiânia  
2010

Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

(GPT/BC/UFG)

<p><b>B357d</b> Bayer, Maximiliano Dinâmica do transporte, composição e estratigrafia dos sedimentos da planície aluvial do Rio Araguaia / Maximiliano Bayer – Goiânia, 2010. 104f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Edgardo Manuel Latrubesse</p> <p>Tese (Doutorado) – Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás.</p> <p>1. Rio Araguaia – preservação da bacia 2. Rio Araguaia – problemas ambientais 3. Análise ambiental I. Latrubesse, Edgardo Manuel (orientador) II. Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás.</p> <p>CDD 363.700 981 73</p>
---

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Andréa Pereira dos Santos CRB-1/1873  
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

## **Agradecimentos**

Agradeço as inúmeras pessoas que de diversas formas colaboraram com esforço, incentivo e amizade na elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais, por terem tornado esse trabalho possível. Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor Edgardo Latrubesse pela orientação nas pesquisas e a oportunidade brindada de trabalhar em equipes multidisciplinares de reconhecida atuação científica.

Ao professor José Candido Stevaux pela sua colaboração fundamental no desenvolvimento do trabalho em campo e divulgação de resultados.

À professora Selma Simões de Castro pelo inestimável apoio durante todo o desenvolvimento da minha atividade acadêmica de Pos-Graduação.

Ao professor Nelson Antoniosi Filho por aceitar a co-orientação do trabalho, e demais professores, colegas e funcionários do Programa de Doutorado em Ciências Ambientais (CIAMB).

Ao professor Alfredo Borges de Campos pelas valiosas sugestões e aos parceiros de trabalho do Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF).

## Resumo

Na bacia do rio Araguaia são reconhecidas importantes alterações antrópicas. Suas extensas implicações ambientais vêm gerando crescentes discussões acerca do papel que variáveis tais como o uso do solo, mudanças na cobertura vegetal, atividades de mineração, urbanização e agricultura em larga escala, em especial as monoculturas (soja, cana-de-açúcar por exemplo), além de pecuária bovina, exercem na conformação, evolução e no comportamento atual do sistema fluvial. A contribuição específica desta pesquisa nesse cenário de fortes mudanças esteve centrada numa primeira fase na geração, processamento, análise e divulgação de informações referentes a vários aspectos ambientais do sistema fluvial do rio Araguaia, tendo como foco principal a obtenção de parâmetros hidro-sedimentológicos especialmente voltados à caracterização e avaliação da qualidade dos recursos hídricos e a caracterização dos sedimentos fluviais contidos na planície aluvial. Os trabalhos se voltaram especificamente para o estabelecimento de parâmetros físico-químicos que permitissem estimar variáveis hidro-sedimentológicas para a Alta e Média bacia, a partir do estudo da distribuição da carga de sedimentos em suspensão e de suas características geoquímicas. Além disso, o importante volume de sedimento estocado na planície aluvial constitui o elemento de análise mais importante na determinação da resposta do sistema através da análise geomorfológica das formas de acumulação e a determinação dos ambientes sedimentares e reconstrução paleoambiental desses depósitos fluviais. Assim, as atividades neste segundo eixo de pesquisa tiveram como objetivo específico reconhecer a dinâmica fluvial do rio Araguaia e caracterizar a atividade lateral do canal, visando determinar os diferentes processos morfogenéticos atuantes na construção/evolução da planície de inundação. A partir da classificação dos materiais em fácies e associações de fácies, se estabeleceram novos critérios na identificação dos ambientes deposicionais atuantes, de forma de definir novas bases para elaborar um modelo evolutivo da planície aluvial do Médio rio Araguaia, diante das fortes mudanças reconhecidas. Os resultados aqui apresentados corroboram também o contexto geral estabelecido em numerosas pesquisas que ressaltam a necessidade e urgência de elaboração de políticas públicas para a preservação, conservação e gestão desses importantes recursos. Assim, os dados gerados neste trabalho revestem-se de grande importância diante das fortes mudanças reconhecidas durante o desenvolvimento das atividades da pesquisa e uma vez que essa situação exemplifica também a rápida resposta dos sistemas fluviais à intensa ocupação e desmatamento em áreas tropicais.

## Resumen

EN la cuenca del río Araguaia son reconocidas importantes alteraciones antrópicas. Sus consecuencias ambientales vienen generando crecientes discusiones acerca del papel que variables como el cambio en el uso del suelo, en la cobertura vegetal, en las actividades de minería, urbanización e sobretodo agropecuaria, de forma especial el establecimiento de monoculturas (soja, caña de azúcar, por ejemplo), además de la ganadería, ejercen en la conformación e evolución del sistema fluvial. La contribución de este trabajo, en un escenario de fuertes cambios, estuvo centrada en la generación, procesamiento y divulgación de informaciones referidas a varios aspectos ambientales del sistema fluvial del río Araguaia, teniendo como objetivo la obtención de parámetros hidro-sedimentológicos voltados a la caracterización y evaluación de la calidad de los recursos hídricos y a la clasificación de los sedimentos contenidos en la planicie. De esta manera, los trabajos permitieron la determinación de aspectos físico-químicos para la Alta y Media cuenca, a partir del modelaje de a distribución de la carga de sedimentos transportados en suspensión y de la caracterización química de estos materiales. Por otro lado, el importante volumen de sedimentos almacenados en la planicie constituye un importante elemento de análisis para la determinación de la respuesta que la planicie aluvial está generando como respuesta a las importantes mudanzas reconocidas en la cuenca. Así, las actividades en esta segunda etapa tuvieron como objetivo específico reconocer la dinámica fluvial del río Araguaia caracterizando la actividad lateral del canal, procurando identificar los diferentes procesos responsables por la construcción/evolución da la planicie de inundación. A partir del análisis de facies se establecieron nuevos criterios para la identificación de los respectivos ambientes sedimentarios. Los resultados presentados corroboran el contexto general presentado en numerosas pesquisas que resaltan la necesidad y urgencia en la elaboración y desarrollo de políticas públicas destinadas a la preservación, conservación y gestión de estos recursos. De esta forma, los datos generados en la investigación adquieren una gran importancia delante de las fuertes mudanzas reconocidas, a la vez que la situación presentada ejemplifica la rápida respuesta del sistema fluvial a la intensa ocupación y deflorestamiento en áreas tropicales.

## SUMÁRIO

### **PARTE I**

1- Introdução.....	10
2- A problemática dos recursos hídricos na alta e media bacia do rio Araguaia.....	11
3- Hipótese, objetivos e desenvolvimento da pesquisa.....	13
3.1- Fundamentos teóricos.....	14
3.2- Organização dos resultados.....	15

### **PARTE II**

1- Descrição da área de estudo.....	19
1.1- Aspectos físicos das áreas-fonte.....	19
1.2 -Área de recepção de sedimentos.....	26
2- Evolução do sistema canal -planície aluvial.....	28
3- Bibliografia .....	31

### **PARTE III**

#### **ARTIGOS CIENTIFICOS**

#### **I- “CARACTERÍSTICAS HIDROSEDIMENTOLÓGICAS E GEOQUÍMICAS DO FLUXO DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO NO ALTO E MÉDIO RIO ARAGUAIA”.**

RESUMO.....	35
INTRODUÇÃO.....	35
AREA DE ESTUDO.....	36
METODOLOGIA.....	38
RESULTADOS.....	41
CONCLUSÕES.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	50

#### **II- “AMBIENTES SEDIMENTARES DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO ARAGUAIA”**

RESUMO.....	53
INTRODUÇÃO.....	54
MATERIAIS E METODOS.....	56
AREA DE ESTUDO.....	57
RESULTADOS.....	61



CONCLUSÕES.....	71
BIBLIOGRAFIA.....	72
ANEXO I.....	75

**PARTE IV**

CONCLUSÕES GERAIS.....	81
------------------------	----

# PARTE 1

## 1- INTRODUÇÃO

O presente volume corresponde ao produto final, tese de doutorado, desenvolvida durante o curso de Doutorado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás. É apresentado no formato de artigos, precedidos desta introdução (Parte I), a qual introduz as questões que se pretenderam responder com o desenvolvimento da pesquisa, bem como o enquadramento temático, o objetivo e a abordagem teórica e metodológica adotada, assim como da descrição da área de estudo (Parte II).

As atividades desenvolvidas e os produtos obtidos nesta tese integraram os resultados dos projetos de pesquisa: 1. “Respostas Hidrofísicas à Mudança Global em Grandes Rios da América do Sul: Paraná, Paraguai, Orinoco e Madalena” (Programa PROSUL) e 2. “Impactos Hidrofísicos Induzidos por Ação Antrópica (Direta e Indireta) e pela Mudança Climática Global em Grandes Rios Brasileiros: Os Casos Extremos dos Rios Araguaia e Paraná”, ambos os projetos financiados pelo CNPq e coordenados pelo Dr. Jose Cândido Stevaux e pelo Dr Edgardo Manuel Latrubesse.

As informações geradas visam especificamente, fornecer subsídios à implantação de estratégias com vistas a estabelecer diretrizes de compatibilização entre os usos múltiplos dos recursos hídricos (abastecimento humano, geração de energia, turismo e lazer, navegação, irrigação, dessedentação animal, etc.) as demais políticas setoriais que apresentam algum nível de interferência sobre esses recursos, e a necessidade de promover o desenvolvimento sustentável de suas bacias.

Nesse sentido, a expectativa deste trabalho é fornecer uma importante ferramenta para a gestão do recurso hídrico. O aporte da pesquisa consiste num conjunto de informações imprescindíveis na identificação, registro e avaliação das mudanças acontecidas na morfologia do canal do rio Araguaia, nas últimas décadas, identificando ainda, aspectos básicos da geoquímica dos sedimentos transportados em suspensão, e interpretando os depósitos fluviais contidos na planície aluvial, no contexto de um cenário de intensas transformações associadas direta ou indiretamente aos impactos antrópicos reconhecidos nas áreas de aporte.

Some-se a isso o fato de que as aplicações desses resultados em estudos multidisciplinares possibilitarão determinar as interdependências entre a morfologia do canal, as características dos ambientes sedimentares e os diversos fatores que governam a magnitude, a frequência e a qualidade do fluxo de água e sedimentos, assim como contribuirão com dados que enriquecerão as interpretações das pesquisas referentes à paleoambientes fluviais, hidrologia, ecologia aquática e ripária, dentre outros abordagens.

## **2- A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL E OS RECURSOS HÍDRICOS NA ALTA E MÉDIA BACIA DO RIO ARAGUAIA.**

A bacia do rio Araguaia cobre um território de mais de 300.000 km<sup>2</sup>, abarcando parte dos territórios dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Tocantins e Pará. Representa um dos sistemas fluviais mais importantes do Brasil e se estende por amplas áreas do Cerrado, que apresentam características ambientais bem diferentes quanto ao clima, geologia, relevo, uso do solo, graus de ocupação, dentre outros.

Em toda a Região Centro-Oeste, a implantação do PNRH (Plano Nacional de Recursos Hídricos) é ainda incipiente, reflexo do conflito entre as questões sócio-ambientais e vários aspectos das economias regionais. Nesse sentido, o Estado de Goiás apresentou em 2006/2007, o Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia (PROTAR), voltado à realização de planejamento e projetos para fins de gestão e recuperação ambiental da bacia. Nos respectivos Cadernos Regionais elaborados ficaram evidenciados: um alto grau de degradação ambiental em várias regiões da bacia hidrográfica gerado principalmente pelas mudanças no uso do solo, através da ocupação de grandes áreas em empreendimentos agrícolas, particularmente monocultivos (soja e cana), além do pastoreio intensivo e mineração (garimpagem), atividades que afetam de forma especial aos recursos hídricos da região.

Na Alta bacia do rio Araguaia, particularmente no lado Goiano, a partir da década de setenta do século passado, com a expansão das fronteiras agrícolas e a proliferação das atividades garimpeiras, intensificou-se notoriamente a degradação dos recursos naturais. Pesquisas desenvolvidas nos últimos anos constataram que ao longo do período de 1960 a 1990, à medida que aumentavam as porcentagens de áreas de Cerrado convertidas para diversos tipos de uso como agricultura e pastagens cultivadas, o PIB nos municípios distribuídos por toda a área de drenagem da bacia do médio Araguaia em Goiás crescia na mesma proporção, o que permite inferir uma forte dependência do crescimento econômico da região às custas da intensa degradação de áreas de vegetação natural do Cerrado e degradação dos recursos hídricos.

Essa situação promoveu o desenvolvimento de numerosos projetos de pesquisas que destacaram variados aspectos dessas mudanças ambientais, como a evolução da cobertura vegetal e uso do solo, e seus alcances na atual problemática concernente aos ativos processos de erosão linear (ravinas e voçorocas) e também a sua associação direta com a instalação dos sistemas viários, com o desmatamento e com a agricultura intensiva, além do escasso e mesmo ausente respeito aos condicionantes geológicos e geomorfológicos no uso e manejo dos solos e legislação ambiental (MORAIS, 2006; FRANCO, 2003; CASTRO et al, 2004; CASTRO 2005;).

Porém, ainda são poucos os trabalhos que relacionam esses aspectos da problemática ambiental, e as suas influências no balanço de materiais fornecidos, com a atuação dos processos de erosão e sedimentação em grandes bacias tropicais, como é o caso do rio Araguaia. Em trabalhos recentes desenvolvidos no Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF) do Instituto de Estudos Sócio Ambientais (IESA) e relatados em distintas publicações (LATRUBESSE et al., 1999; BAYER, 2002; LATRUBESSE & STEVAUX, 2002; MORAIS, 2006; CARVALHO, 2006, VALENTE, 2007, LATRUBESSE et al., 2009, dentre outros), se destacam dentre outros temas, a importante dinâmica que apresenta a planície fluvial do Rio Araguaia.

Essa dinâmica se reflete direta ou indiretamente nas mudanças determinadas de variados aspectos da morfologia do canal e nos parâmetros hidro-sedimentológicos como o transporte/carga de sedimentos. Essas pesquisas constaram além que mudanças destas magnitudes em canais fluviais onde não existem modificações diretas como barragens, desvios de curso ou outros tipos de interferências do canal, só podem ser atribuídos a modificações indiretas como mudanças no uso do solo na área da bacia.

Neste caso do rio Araguaia, o aumento da quantidade de sedimentos aportados ao canal principal, principalmente areias de diversas granulometrias, conduz o sistema a uma evolução morfológica caracterizada pelo armazenamento de importantes volumes de sedimentos no canal e na planície aluvial. Assim, para o período 1965/1998, Latrubesse et al. (2009) estimaram que a quantidade de sedimentos que ficaram efetivamente armazenados no sistema (num trecho de 500 km) foi de aproximadamente 233 milhões de toneladas.

Essa importante acumulação fica evidente diante das mudanças que apresentam diversos parâmetros morfométricos e elementos geomorfológicos da planície (número de ilhas, tipo de barras, índices, sinuosidade, largura/profundidade, número de canais secundários, entre outros), que quando analisados e comparados a partir de registros das últimas quatro décadas, determinam tendências claras na resposta geomorfológica do sistema fluvial.

Por outro lado, esses “impactos” se revestem de grande interesse ecológico devido a ao fato de uma grande diversidade de habitats aquáticos depende destes processos físicos que variam na escala espacial e temporal. A morfologia do canal configura a base estrutural dos ambientes aquáticos, portanto, a heterogeneidade destes habitat é produto da interação entre suprimento de sedimentos, capacidade de transporte e a presença de estruturas locais favoráveis.

### **3- HIPÓTESE, OBJETIVOS E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.**

Em acordo com os aspectos da problemática descritos previamente, a hipótese de trabalho adotada na pesquisa se baseia nas seguintes premissas:

1- As respostas dos sistemas fluviais, particularmente em ambientes tropicais sujeitos à forte antropização, como é o caso do Araguaia, condiciona ritmos acelerados de mudanças, gerando uma rápida evolução de parâmetros morfológicos do canal e uma acelerada mudança nos ambientes sedimentares da planície aluvial.

2- O conhecimento da evolução do sistema rio/planície como resposta a mudanças nas variáveis hidro-sedimentológicas (regime de vazões e suprimento de materiais), permite inferir ritmos de mudanças no canal, estabelecendo tendências pra avaliar a evolução, distribuição e eventual desaparecimento de ambientes sedimentares como consequência dos processos operantes.

3- A análise e classificação dos materiais contidos nos depósitos fluviais da planície aluvial do rio Araguaia permite compreender as condições de sedimentação como reflexo das características físicas da bacia e das mudanças naturais (variabilidade climática) ou induzidas (mudança no uso do solo), acontecidas nos últimos milhares de anos, séculos ou mesmo algumas décadas, como parece ser o presente caso.

4- A determinação a composição elementar da carga transportada em suspensão, permite estabelecer a presença /ausência de resíduos antrópicos, refletindo assim, o grau de naturalidade do sistema. O predomínio de determinados elementos na composição dos sedimentos suspensos reflete aspectos físicos da bacia (geologia, solos, etc) e o seu comportamento nos diferentes subambientes da planície estabelece além, uma relação direta com os distintos períodos do ciclo hidrológico anual.

Com base nessa idéia, deduziu-se que a partir da caracterização de parâmetros hidrosedimentológicos e avaliação da composição química dos sedimentos transportados em suspensão (Artigo 1) somados aos dados referidos á caracterização dos ambientes sedimentares e a reconstrução ambiental, (Artigo 2), seja possível explicar a evolução do sistema fluvial do rio Araguaia e á rápida dinâmica particularmente refletida na planície aluvial do trecho goiano como resposta às mudanças ocorridas nas áreas-fonte de sedimentos nas últimas décadas, em estreita relação com o avanço da Fronteira Agrícola e a Modernização da Agricultura.

### 3.1- METODOLOGIA GERAL DA PESQUISA

O recorte espacial adotado para o desenvolvimento da pesquisa esteve estreitamente vinculado ao sistema fluvial da bacia hidrográfica do rio Araguaia. A vantagem em adotar a bacia hidrográfica como unidade de estudo permite se leve em consideração a mesma como um sistema, o que possibilita analisá-la como um sistema aberto em que se produz um constante ganho e perda, tanto de massa como energia, visto além que esse sistema fluvial pode ser considerado como qualquer sistema físico ou histórico.

A análise do sistema fluvial sob uma perspectiva física ou histórica abre a possibilidade de abordá-la por diversos métodos que envolvem diferentes escalas temporais e espaciais. De forma geral, o primeiro destes enfoques (*perspectiva física*) visa entender o funcionamento do sistema determinando as características que o definem normalmente para curtos intervalos de tempo, enquanto o segundo enfoque (*perspectiva histórica*) age diretamente nas tendências evolutivas e escalas temporais mais extensas.

Na primeira das perspectivas (físicas), o conhecimento de algumas das características relacionadas às áreas de aporte, às condições hidro-sedimentológicas dos canais fluviais e ao comportamento do fluxo de sedimentos em suspensão assim como aspectos da composição físico-químicos desses sedimentos, são de grande interesse, não apenas aos estudos de geomorfologia e de hidráulica fluvial, mas também de várias ciências concernentes às ciências ambientais. Assim, a aplicação do estudo do comportamento hidro-sedimentológico torna-se importante ferramenta de análise em estudos ecológicos, já que inúmeros organismos mantêm uma estreita relação de dependência direta com uma série de variáveis abióticas do canal como concentração de sedimentos, temperatura da água, velocidade da corrente, profundidade, entre outros.

Pela perspectiva histórica, numa escala de tempo geológico, o elemento de análise mais importante na determinação da resposta do sistema às mudanças ambientais é a interpretação e reconstrução dos depósitos sedimentares (atuais e pretéritos, em particular os Quaternários) contidos na planície aluvial.

A partir da análise geomorfológica das formas de acumulação e a aplicação dos critérios de reconstituição paleoambiental (análise de fácies, associação de fácies, ambientes de deposição), pode-se deduzir e avaliar a resposta do sistema fluvial às diversas e sucessivas mudanças globais, regionais ou mesmo locais, possibilitando assim, correlacioná-los aos resultados das pesquisas precedentes e inserir nos modelos em vigência para o Quaternário Sul-americano.

## **3.2- ORGANIZAÇÃO GERAL DO TRABALHO**

### **1º Eixo de Pesquisa**

#### **Objetivo: Caracterização do fluxo de sedimentos na Alta e Média bacia do rio Araguaia.**

Neste eixo os trabalhos se voltaram para o estabelecimento de parâmetros físico-químicos que permitissem estimar variáveis hidro-sedimentológicas para a Alta e Média bacia, a partir do estudo da distribuição da carga de sedimentos em suspensão e de suas características geoquímicas.

As determinações dos parâmetros hidrológicos foram feitas a partir da análise da série histórica de variáveis hidrológicas fornecidas pela Agência Nacional de Águas – (ANA) e Serviço Geológico do Brasil (CPRM), além do desenvolvimento de um intenso programa de amostragem de sedimentos em suspensão na Alta e Média bacia do rio Araguaia.

Essa amostragem complementou informações precedentes, permitindo estabelecer variáveis de ajuste ao comportamento do fluxo de sedimentos transportado em suspensão pelo sistema fluvial do rio Araguaia e associando-o às tendências evolutivas indicadas por diversos pesquisadores, dando subsídio, assim, às pesquisas projetadas na continuidade.

No andamento da pesquisa foram realizadas numerosas campanhas de campo, com variado e sofisticado instrumental científico. As informações coletadas e analisadas fornecem principalmente dados da vazão, cota, seções transversais de fundo, largura e profundidade dos canais, velocidade de fluxos e carga de sedimentos em suspensão. A análise estendeu-se aos afluentes goianos da margem direita (rio Claro, rio Caiapó, rio Vermelho, rio do Peixe e rio Crixás-Açu) e aos distintos subambientes da planície aluvial e em diferentes períodos do ciclo hidrológico.

Por outro lado, o importante volume de informação obtido permitiu estabelecer um modelo para a distribuição das concentrações num ciclo hidrológico, assim como para a evolução do fluxo de material suspenso num trecho do canal de 300 km de comprimento e nos distintos subambientes da planície como consequência, particularmente, da marcada sazonalidade climática.

Assim, no artigo elaborado - CARACTERÍSTICAS HIDROSEDIMENTOLÓGICAS E GEOQUÍMICAS DO FLUXO DE SEDIMENTO EM SUSPENSÃO NO ALTO E MÉDIO RIO ARAGUAIA - se discutem alguns aspectos relevantes relativos à distribuição dos sedimentos transportados em suspensão ao longo de aproximadamente 500 km do rio Araguaia e as suas implicações nos cálculos de carga e transporte de sedimentos. Destacam-se nesse momento os aspectos hidro-sedimentológicos



do sistema canal- planície de inundação e a sua relação com as características físico-ambientais (Geologia, Geomorfologia, Solos, Precipitações, Uso e Ocupação do solo) das áreas-fonte.

Aspectos referentes à caracterização geoquímica dos sedimentos suspensos foram abordados na procura de obter uma abordagem multidisciplinar no trabalho de pesquisa. A partir da determinação da composição elementar dos materiais transportados em suspensão em 65 amostras foi determinado o predomínio de determinados elementos (Fe, Al, Mg, Mn), além de determinar a distribuição e comportamento no canal e subambientes da planície.

A digestão dos sedimentos foi realizada em chapa aquecedora por digestão ácida. Para determinação de Ag, As, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ti, V, W e Zr foi utilizado um espectrômetro de massa com plasma acoplado indutivamente (810-MS, Varian Mulgrave, Austrália); na determinação de Al, B, Fe, Mg, Zn, Ca e Na, foi utilizado um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente com configuração radial (Liberty II, Varian Mulgrave, Austrália) e na determinação de K foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica (220FS, Varian Mulgrave, Austrália).

Cabe ressaltar, a falta de informação no que se refere à presença e concentração de elementos nos sistemas aquáticos “naturais” brasileiros e a quase inexistência de trabalhos que dêem uma visão geral sobre o tema, sendo ainda de que as escassas pesquisas estão desenvolvidas quase exclusivamente na bacia Amazônica e em menor quantidade na bacia do Paraná.

Assim, as expectativas são que as informações referidas ao fluxo de sedimentos e as características geoquímicas dos sedimentos em suspensão obtidas nesta pesquisa, somadas a outros fatores, possam ser utilizadas como indicadores ambientais (IA), já que refletem o estado natural das áreas-fonte e dos diferentes subambientes da planície de inundação, permitindo, dentro de outras possibilidades, definirem parâmetros da qualidade do material de aporte e o potencial de contaminação dos afluentes, fornecendo desta maneira, uma eficiente ferramenta para o gerenciamento dos recursos hídricos.

## **2º Eixo de Pesquisa**

**Objetivo: Descrição e Ordenamento dos ambientes sedimentares na planície aluvial do rio Araguaia.**

Um canal fluvial pode ser considerado como um grande sistema de transporte de sedimentos o qual funciona controlado por diversos fatores hidro-sedimentológicos. Esses fatores têm a capacidade de influir rapidamente sobre os processos sedimentares ou erosivos que operam diretamente sobre propriedades do canal, tais como a morfologia, o padrão do canal e as

características e evolução dos depósitos sedimentares resultantes.

Assim, o canal do médio rio Araguaia se caracteriza por apresentar trechos com distintos padrões de instabilidade lateral e com uma constante evolução morfológica que revela o predomínio da sedimentação sobre a erosão (Bayer, 2002, Morais et ali, 2006, Latrubesse et ali 2009). Desta forma, os dados referidos ao suprimento de sedimentos estabelecidos no ARTIGO 1 desta tese, representam fatores primários na definição da morfologia dos canais e distribuição dos ambientes sedimentares.

Deve-se ressaltar que o importante volume de sedimento estocado constitui o elemento de análise mais importante na determinação da resposta do sistema através da análise geomorfológica das formas de acumulação e a determinação dos ambientes sedimentares e reconstrução paleoambiental dos depósitos sedimentares. Assim, a aplicação desses conceitos em sistemas fluviais permite, dentre outras vantagens, reconstruir as condições paleo-hidráulicas na origem dos depósitos e a partir de análise da arquitetura ou arranjo interno dos corpos sedimentares, determinar relações genéticas e temporais, o que permite inferir condições paleoambientais que afetaram a bacia.

As atividades neste eixo de pesquisa tiveram como objetivo reconhecer a dinâmica fluvial do rio Araguaia e caracterizar a atividade lateral do canal, visando determinar os diferentes processos morfogenéticos atuantes na construção/evolução da planície de inundação. Por um outro lado, estabeleceram-se novos critérios na identificação dos ambientes deposicionais, de forma de estabelecer novas bases para elaborar um modelo evolutivo para a planície aluvial do Médio rio Araguaia.

Desta forma, no artigo elaborado - **AMBIENTES SEDIMENTARES DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO ARAGUAIA** - é apresentado um conjunto de informações que permitem interpretar a evolução do canal nas últimas décadas, apresentando também uma descrição e classificação dos ambientes deposicionais reconhecidos através da aplicação dos conceitos de análise de fácies sedimentares e associação de fácies.

Esses resultados de forma geral corroboram a importante dinâmica deposicional que caracteriza a planície fluvial do rio Araguaia, possibilitando inferir graves conseqüências destas mudanças na composição da planície de inundação e na heterogeneidade dos ecossistemas aquáticos associados.

## **PARTE 2**

## A BACIA DO RIO ARAGUAIA

### 1 – AREA DE ESTUDO

O rio Araguaia se destaca como uma das principais artérias de drenagem e transporte de sedimentos do Cerrado. Nasce na Serra do Caiapó no extremo sudoeste do Estado de Goiás e faz divisa com os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, percorrendo 2.110 km até desaguar no rio Tocantins, na região conhecida como Bico do Papagaio, no extremo norte do Estado do Tocantins. Nesse ponto a bacia hidrográfica apresenta uma área aproximada de 380.000 km<sup>2</sup> gerando uma vazão média de 6.420 m<sup>3</sup>/seg.

Baseados em critérios geomorfológicos, Latrubesse e Stevaux (2002), dividem o rio Araguaia em três trechos, Alto Araguaia, das nascentes até Registro do Araguaia, com área de 36.400 km<sup>2</sup> e uma extensão de 450 km. O médio Araguaia, com 1600 km de extensão, se estende desde Registro do Araguaia até Conceição do Araguaia, abarcando uma área de 300.000 km<sup>2</sup>, incluindo a planície aluvial do Bananal e o Baixo Araguaia de Conceição do Araguaia até sua confluência com o rio Tocantins.

Com as nascentes instaladas em áreas elevadas do Planalto Central Brasileiro este sistema fluvial apresenta o maior desenvolvimento no sentido Norte-Sul, constituindo uma das mais importantes áreas úmidas da região Centro Oeste, com uma fascinante biodiversidade (ARRUDA *et al.*, 2000).

O grande responsável pelo marcado condicionamento tectônico da bacia do rio Araguaia, refletido fortemente nas características morfológicas da área de estudo, é o lineamento Transbrasiliano (SCHOBENHAUS *et al.*, 1975), que apresenta uma direção aproximada N 15-30° E. Seus efeitos se estendem até o extremo norte da Bacia do Paraná, mostrando uma estreita relação com diferentes elementos tectônicos de importância regional como o “*graben*” de Água Bonita ou o “*graben*” do rio das Garças, Drago *et al.* (1981), e com uma importante quantidade de falhas e lineamentos estruturais de direção predominante NE-SW, que são cortadas por um outro sistema NW-SE.

Esses condicionamentos estão associados à reativação de antigos linhamentos de idade Pré-cambriana. Como consequência dos esforços, estas estruturas foram reativadas desde o final do Cretáceo até o Quaternário, configurando uma compartimentação regional caracterizada por uma tectônica de blocos, com levantamentos e subsidências, num modelo de evolução polifásica, desenvolvida através da atuação de vários eventos deformantes superpostos, (ABREU & HASUI, 1978, *apud* VALENTE 2007).

#### 1.1- ASPECTOS FÍSICOS DAS ÁREAS-FONTE

A bacia hidrográfica do rio Araguaia representa aproximadamente o 25 % do território goiano e abriga 8 % da população do Estado. Além da sub-

bacia do Alto Araguaia, onde se encontram as nascentes do sistema fluvial, as cinco restantes sub-bacias que compõem as áreas-fonte consideradas neste trabalho constituem a borda oriental da Depressão do Bananal.

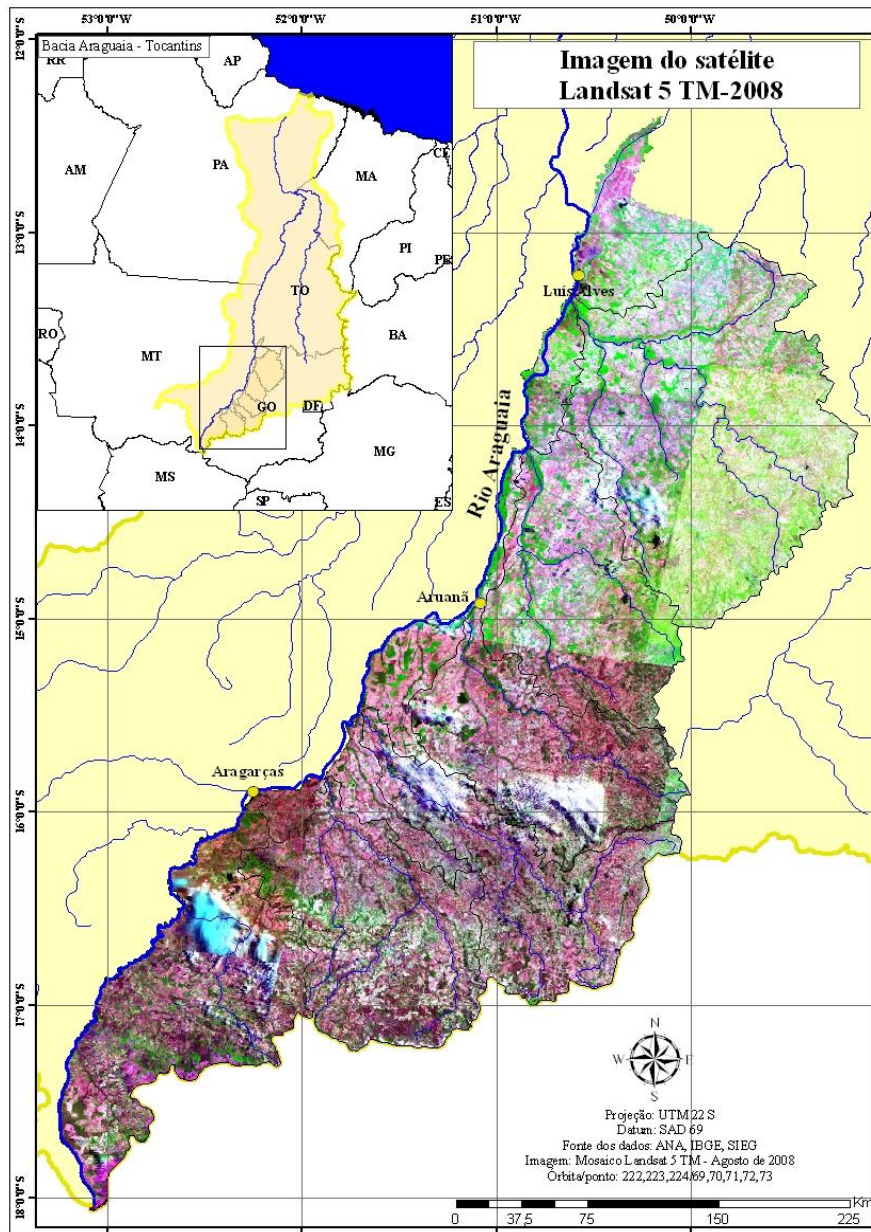


FIGURA 1. Mosaico Imagens de satélites LANDSAT 5 TM (2008). Bacia do Rio Araguaia no Estado de Goiás.

Essas sub-bacias possuem uma direção preferencial de escoamento no sentido E-W e SE-NW. Os canais principais desenvolvem amplas planícies aluviais onde se destacam antigas morfologias como lagos semicirculares, paleomeandros e avulsões, dentre outros elementos morfológicos que refletem uma forte dinâmica fluvial.

O conjunto de seis sub-bacias (Fig. 2) abrange uma área total 81.290

km2. Essas sub-bacias se inserem na Alta (Alto Araguaia, rio Caiapó) e Média bacia do Araguaia (rio Claro, rio Vermelho, rio do Peixe e rio Crixás-Açu), configurando um sistema de extrema importância quanto à quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

A influência deste sistema coletor de sedimentos abrange o extremo Sudeste da Depressão do Bananal. Nesse trecho, o rio Araguaia se encontra recostado na borda oriental da depressão, apresentando um desenvolvimento preferencial no sentido N-S, associada à presença de importantes condicionantes tectônicos.

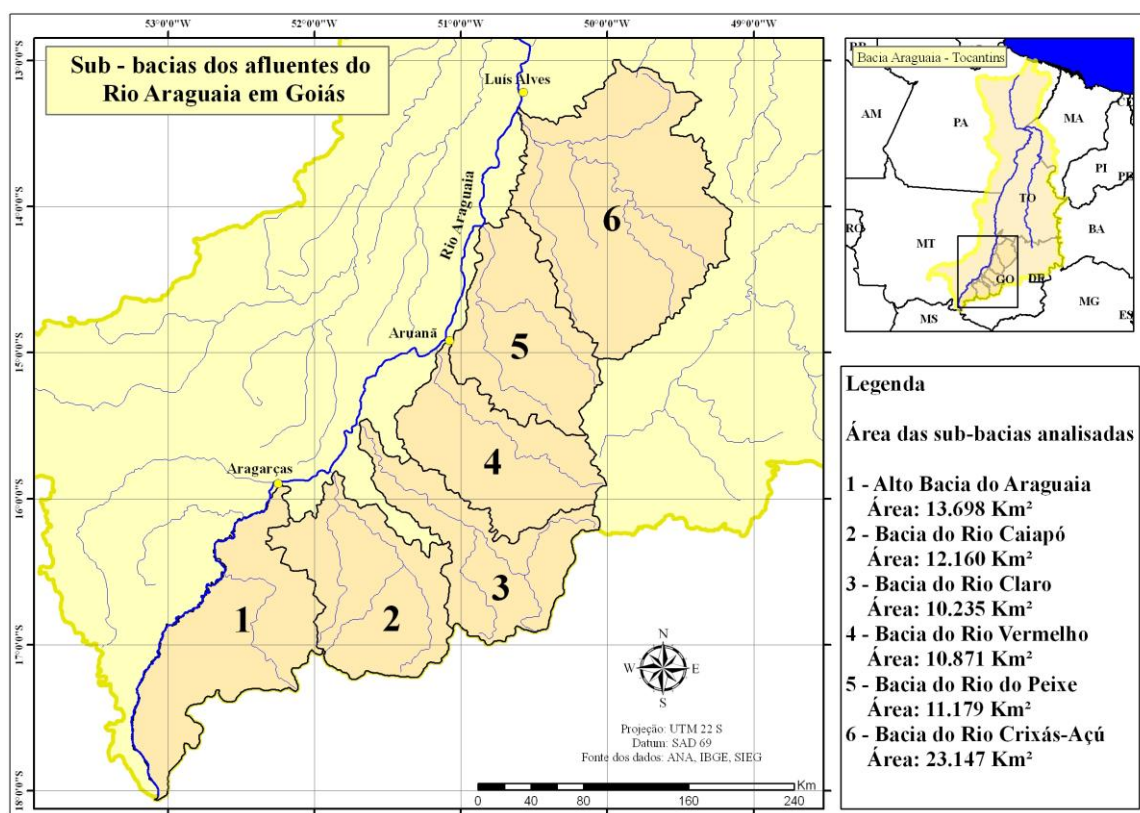


FIGURA 2. Mapa de Localização das Sub-bacias desenvolvidas no Estado de Goiás. (Fonte: SIEG-Go)

As condições climáticas que predominam neste setor da bacia são de natureza continental tropical, alternadamente úmido (primavera-verão de outubro a março) e seco (outono-inverno de abril a setembro), com temperatura média anual de 22° C, e com valor médio das máximas em torno de 28° C.

Na alta bacia, a distribuição dos valores de precipitação mostra um comportamento homogêneo, já nas sub-bacias da margem direita no médio Araguaia as precipitações estão localmente controladas pelas características do relevo, onde os contrafortes da Serra Dourada e da Serra do Peixe, elevados com respeito ao resto da bacia (800-1000 m) controlam

orograficamente as chuvas, elevando localmente os índices de pluviosidade.

A precipitação média anual varia entre 1.300 e 1.800 mm (Fig. 3) e se distribui de acordo a um padrão regional caracterizado por uma diminuição gradativa dos índices de pluviosidade do Sul para o Norte. .

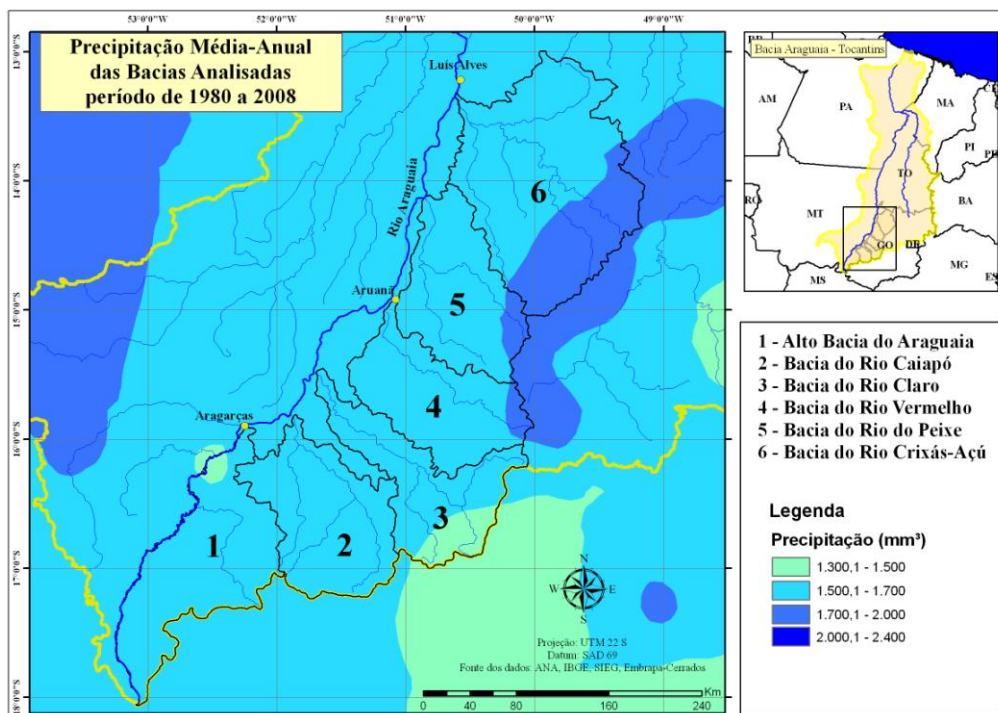


FIGURA 3. Mapa de Precipitações (Valores médios anuais). Fonte EMBRAPA (2009)

Nas sub-bacias da margem direita, por outro lado, as nascentes se desenvolvem em áreas cratônicas, áreas estáveis do Embasamento Cristalino Goiano e os canais transcorrem sobre uma variedade de rochas pré-cambrianas formadas, predominantemente, por quartzitos, migmatitos, granulitos, gnaiss e xistos, das províncias geológicas do Goiás-Tocantins (Fig.- 4).

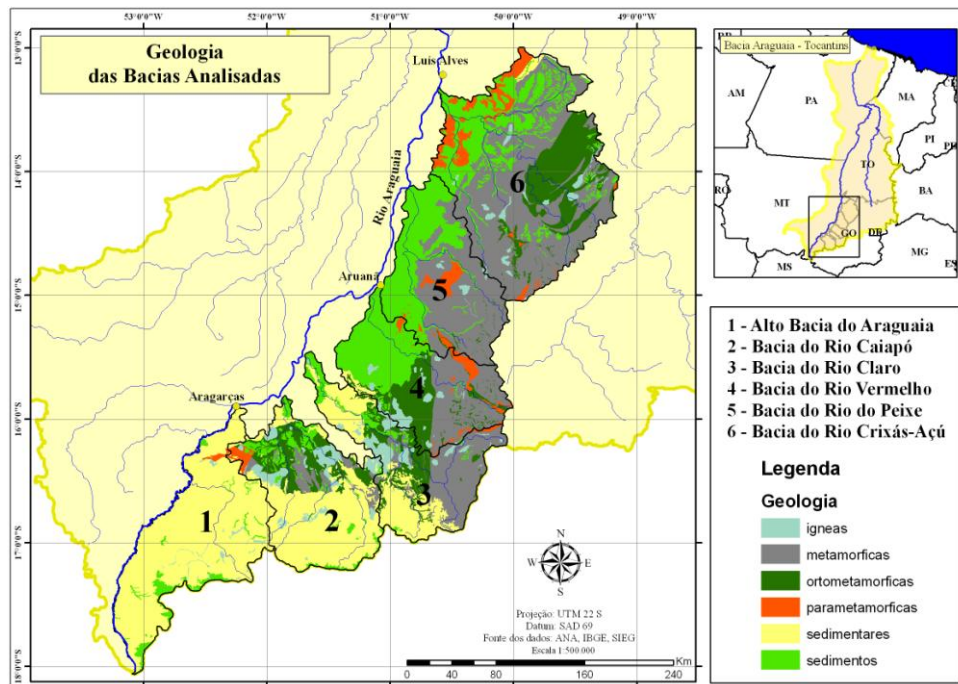


FIGURA 4. Mapa Geológico da bacia do rio Araguaia, (Fonte: SIEG-Go)

Os principais sistemas fluviais do alto Araguaia têm suas cabeceiras alojadas em áreas de escarpas geradas nas bordas de extensas plataformas subhorizontais que caracterizam a bacia do Paraná. Esses remanescentes de antigas Superfícies Regionais de Aplainamento, descritas como SRA III (850-500 m) e SRA IVc (450-250 m), no Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás, (LATRUBESSE, *et al.*, 2006) estão sustentadas por rochas da Bacia Sedimentar Paleozóica (Formação Furnas e Ponta Grossa, dentre outras) e cobertas pelos arenitos mesozóicos das Formações Botucatu e Bauru e pelos basaltos da Formação Serra Geral.

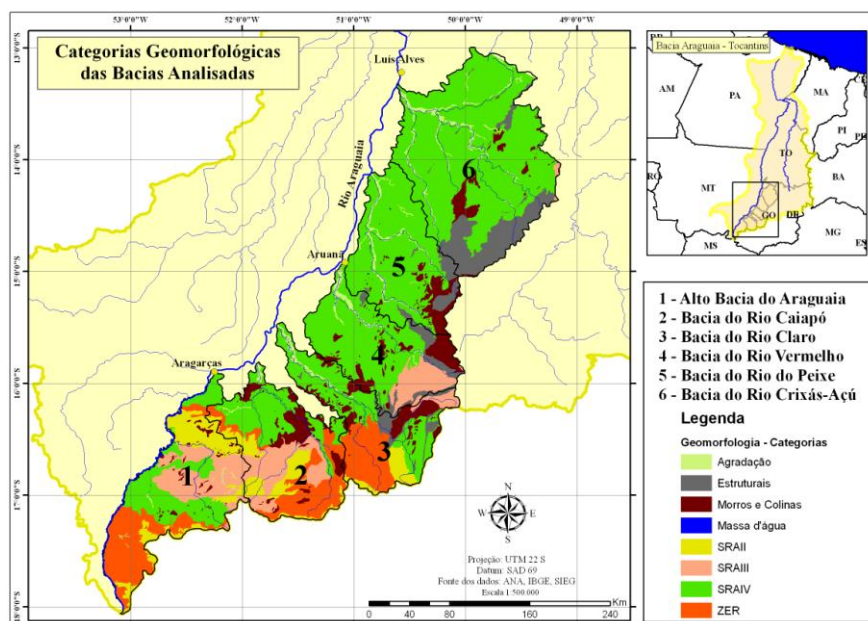


FIGURA 5 Mapa Geomorfológico da bacia do rio Araguaia, no Estado de Goiás (Fonte: SIEG-Go/LABOGEF). Esc-1:500.000



O trecho inferior de cada sub-bacia é conformado por uma seqüência de sedimentos terciários e quaternários da Formação Araguaia e depósitos quaternários da planície do Bananal (LATRUBESSE e STEVAUX, 2002) às vezes recobertos por crostas lateríticas e englobados na Superfície Regional de Aplainamento IV (ou Planície do Bananal). Essa Unidade (SRA IV) apresenta varias especificidade com respeito às outras unidades geomorfológicas descritas para a área de estudo. A altitude desta superfície varia entre 450 e 250 m e adquire grande representatividade na margem esquerda do rio Araguaia, no Estado de Mato Grosso, se estendendo por mais de 1000 km, como Planície do Bananal.

As áreas periodicamente inundáveis que ocupam o trecho inferior das sub-bacias do rio do Peixe e Crixás-Açu se caracterizam pelo predomínio de solos sujeitos ao efeito temporário de excesso da umidade, logo mal drenados e com a característica presença de processos de plintização (Plintossolos) associada à oscilação periódica do lençol freático. (Fig. 6)

Por sua vez, as cabeceiras das sub-bacias da margem direita estão alojadas em áreas topograficamente elevadas, as quais apresentam um forte controle estrutural, gerando importantes elementos orográficos, orientados principalmente em sentido N-S. Os solos predominantes nestas áreas de intensa mobilização são os Cambissolos (-EMBRAPA 2006), relativamente imaturos, pouco evoluídos, geralmente pedregosos e, devido à heterogeneidade do material de origem, são muito variáveis, mas, geralmente se apresentam bem drenados e pouco profundos.

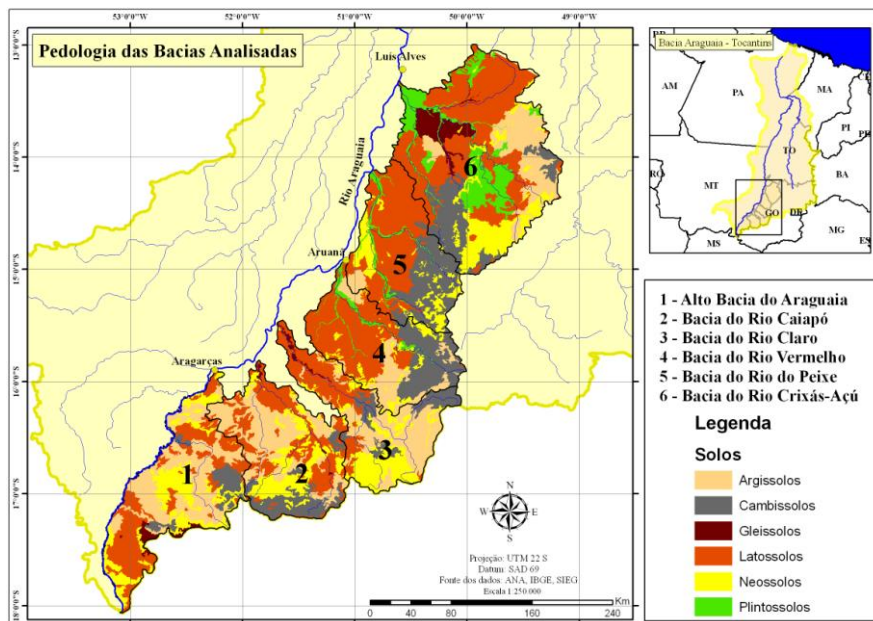


FIGURA 6. Distribuição dos principais tipos de solos na Bacia do Rio Araguaia. (Fonte Mapa de Solos Esc.1: 500.000. SIEG-Go)

Nas condições climáticas da Alta bacia do rio Araguaia os processos geoquímicos geram solos profundos, muito evoluídos, empobrecidos em

elementos altamente solúveis (Na, Ca, Mg, K) e enriquecidos em elementos menos solúveis e resistentes ao intemperismo (Fe, Al, Si). Assim, os solos que predominam na região são os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho (EMBRAPA, 2006) com texturas variáveis de média a argilosa, comumente associados a Solos Concrecionários, e Neossolos Quartzarênicos (CASTRO, 2005).

Sobre estes solos e aproveitando inicialmente as áreas de relevo de topo plano denominadas localmente “Chapadas”, implantou-se a partir da década dos ‘70 um modelo de ocupação da terra (Fig\_7) baseado na agricultura intensiva (motomecanizada) e pecuária extensiva. Algumas particularidades destes solos somadas às práticas incorretas no uso e manejo deste recurso, como a utilização de áreas “não aptas para uso”, promoveram a geração de amplas áreas degradadas, onde atualmente acontecem importantes fenômenos erosivos, (ravinas e voçorocas), descritas nos últimos anos em varias publicações (Castro, 2005, Barbalho, 2002).

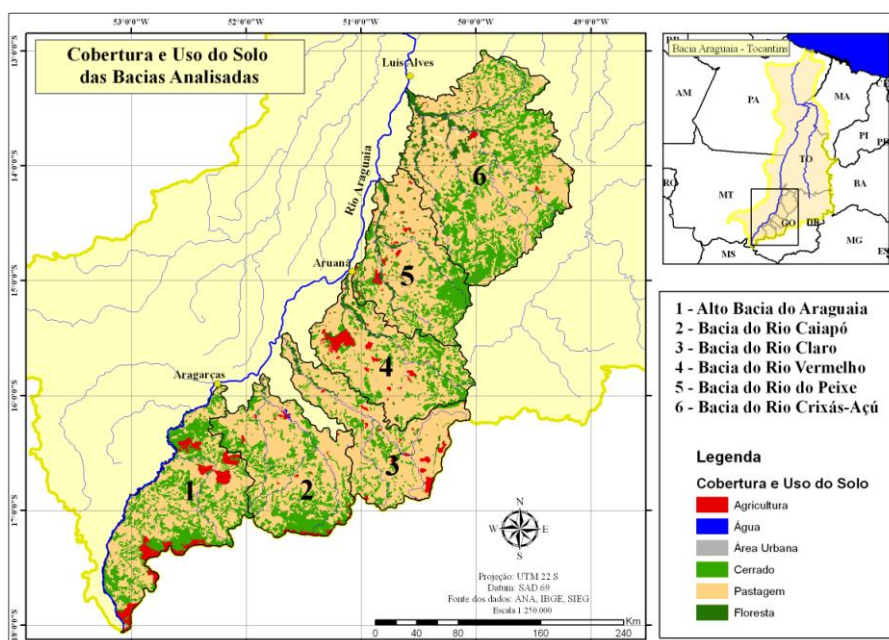


FIGURA 7 Mapa de Uso do Solo (2005) -(Fonte SIEG–Go).

Pesquisas recentes estimaram que o desmatamento e as mudanças no uso do solo afetaram cerca de 70% da área de estudo (FRANCO, 2003) e o rebanho mostra um incremento na ordem de 400 % nas últimas décadas (MORAIS, 2006). Como conseqüências destas mudanças, importantes modificações no conjunto rio-planície de inundação têm sido relatadas em numerosas pesquisas desenvolvidas nos últimos anos.

A partir de esses dados, Latrubesse *et al.*, 2009, apresentam o caso do Araguaia como o mais espetacular exemplo de destruição de um bioma na história humana e com notáveis conseqüências no sistema fluvial coletor.

## 1.2 - ÁREA DE RECEPÇÃO DE SEDIMENTOS

Aproximadamente unos 30 km a jusante das localidades de Registro de Araguaia (GO) e Aragoiânia (MT), o rio Araguaia deixa de ser confinado pelas rochas do embasamento e desenvolve uma ampla planície aluvial, (Fig. 8) constituída por um complexo mosaico de morfologias fluviais., organizadas como Unidades Morfosedimentares (BAYER, 2002, LATRUBESSE & STEVAUX, 2002) que mostram a evolução de uma planície polifásica, (NANSON, *et al.*, 1992), que apresenta uma complexa história evolutiva, onde as mudanças climáticas e a neotectônica tem desempenhado o papel principal.

As unidades da planície de inundação do rio Araguaia, compõem um sistema hidro-sedimentológico que regula a mais importante área de ecossistemas aquáticos do Cerrado brasileiro (LATRUBESSE & STEVAUX, 2006), se estendendo por mais de 1200 km até Conceição de Araguaia e englobando neste trecho a Ilha do Bananal.

Na área de estudo, a planície de inundação se apresenta encaixada nos sedimentos da Formação Araguaia. Segundo recentes datações na área deste

estudo, o processo de sedimentação da Formação Araguaia foi importante durante o Pleistoceno Médio e Superior, entre  $240.000 \pm 29.000$  e  $17.200 \pm 2.300$  anos (VALENTE, 2007).

O ponto de início desta planície (FIG \_8) está controlado pela presença de uma quebra na pendente (“*knickpoints*”), do perfil longitudinal do rio Araguaia, provavelmente associada à reativação de antigas zonas de falhas, possivelmente durante o Quaternário. Alguns destes lineamentos estruturais de direções NE-SW, N-S, e NW-SE, representam reativações Neotectônica, as quais a traves de falhas de gravidade com basculamento de blocos crustais, provocam variações nos niveleis de base, promovendo migrações, desvios e capturas do canal do Rio Araguaia. (VALENTE, 2007).

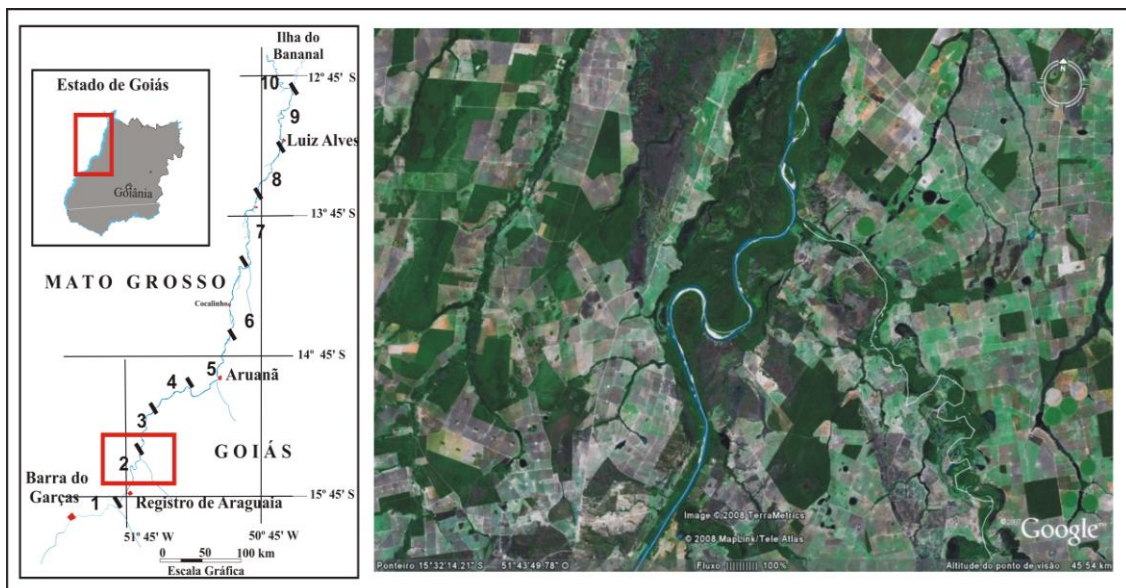


FIGURA 8. Planície de Inundação do rio Araguaia, 30 km a jusante das localidades de Registro de Araguaia (GO) e Aragoiânia (MT),.

Dessa forma muitos aspectos morfológicos da planície do rio Araguaia estão associados a esses condicionantes tectônicos que promovem, em muitos casos, mudanças na pendente regional, criando condições que favorecem a movimentação lateral do canal e a construção da planície de inundação.

Em alguns trechos, afloramentos isolados de rochas do embasamento cristalino, principalmente gnaisses, xistos e quartzitos provocam bruscas mudanças na direção do canal e estrangulamento da planície de inundação. Por outro lado, a interferência de dois ou mais lineamentos estruturais (como ocorre frente à localidade de Aruanã), pode gerar uma área deprimida favorecendo o desenvolvimento lateral da planície, adquirindo esta uma largura máxima de 6 km.

A área da planície considerada neste trabalho representa aproximadamente 2106 km<sup>2</sup>, e comporta quatro unidades morfosedimentares, (Fig-9) constituídas por sedimentos do Holoceno e do Quaternário tardio, descritas como: I - **planície de escoamento impedido** (38,7% da área total da planície) , II - **planície de paleomeandros** (45,6%) e III - **planície de acreção de barras e ilhas** (7,8%) além de uma importante superfície coberta por um sistema lacustre que representa aproximadamente o 5,9% do total da planície (BAYER, 2002, LATRUBESSE & STEVAUX, 2002, MORAIS, 2006).

A Unidade I (**Planície de escoamento impedido**) é a mais antiga e mais rebaixada unidade da planície de inundação, e foi descrita também para outros rios tropicais sul-americanos (IRIONDO & SUGUIO, 1981). Essa unidade aparece em ambos os lados do rio como um pântano de represamento (“backswamp”) descontínuo, ocupando porções da planície distantes do canal. O relevo é plano e estando posicionada em topografia inferior às outras unidades a unidade é caracterizada por grandes áreas ocupadas por pântanos

e lagos irregulares que são drenados por pequenos canais secundários.

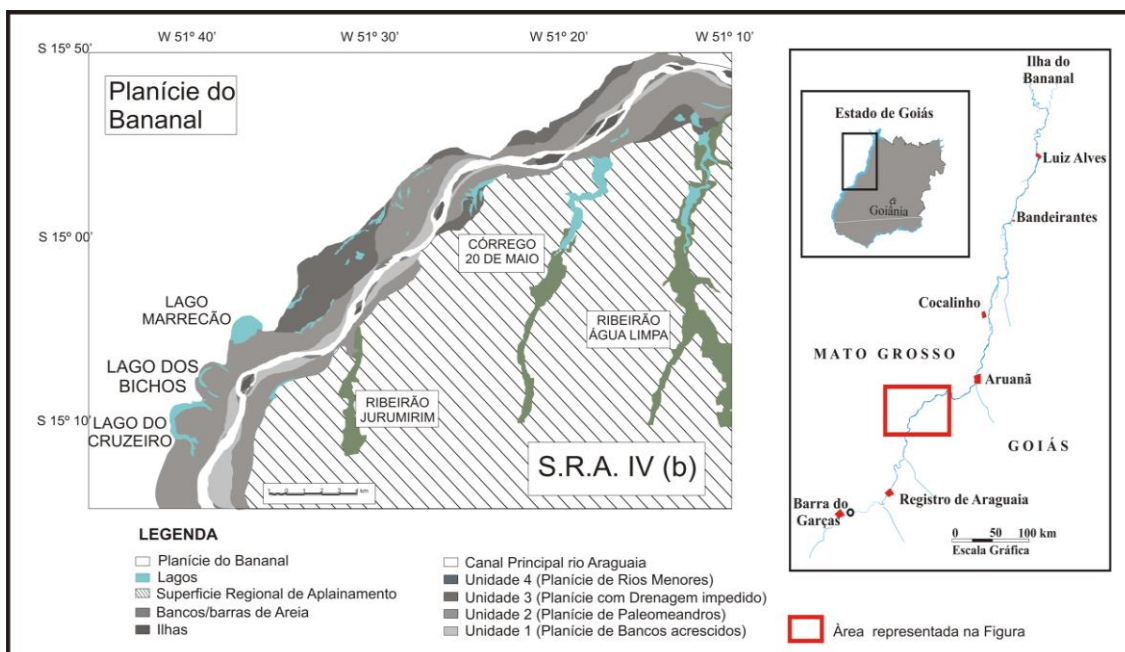


FIGURA 9 . Unidades Morfosedimentares da Planície de Inundação.

A Unidade II, (**Planície de Paleomeandros**) apresenta a maior participação areal na planície. Dominada pela predominância de morfologia de espiras de meandros, a unidade está caracterizada por uma topografia irregular com crestas e depressões de até 2 m de altura relativa.

Os depósitos desta Unidade representam os elementos mais elevados da planície, o que cria uma espécie de divisória entre os depósitos arenosos e de alta energia associados ao canal principal, onde prevalecem os mecanismos de acreção lateral, e os depósitos mais finos de inundação (silte e argila), produto da acreção vertical em áreas distantes do canal principal. Em alguns trechos a sua superfície mostra o alinhamento paralelo de crestas e depressões curvas e de escassa profundidade, geradas pela migração dos depósitos de barras em pontal (point bar) nas curvas do canal.

Na sua composição predominam depósitos arenosos de canal na base dos perfis, em tanto que a parte superior está composta por uma maior

proporção de sedimentos finos e matéria orgânica, formando pacotes maciços, de areias finas, siltes e argilas parcialmente bioturbados, de até um metro de

espessura gerado por processos de acreção vertical em regimes de fluxo de baixa energia. Essas características, somadas ao fato que raramente é afetada pelas enchentes devido a sua maior cota relativa promovem a instalação de uma espessa cobertura vegetal de grande porte.

Por último, a Unidade III (**planície de acreção de barras e ilhas**) é

uma faixa alongada, paralela ao canal principal, descontínua e associada diretamente às influências do regime hidrológico do canal. Esta unidade é formada por sedimentos arenosos de diversas granulometrias, extremamente erodíveis. Essas características pré-dispõem essas margens ao intenso retrabalhamento dos materiais.

## **2- EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO SISTEMA CANAL-PLANÍCIE ALUVIAL**

Os bancos arenosos depositados durante a fase final de cada ciclo de águas altas, crescem lateralmente conformando uma superfície ou plataforma arenosa periodicamente inundável. No período final da enchente esta superfície parcialmente inundada é cortada por pequenas correntes (*chute channel*) que remobilizam parte do seu material superficial para as depressões situadas entre os bancos. Nestas depressões se acumulam delgadas espessuras de material mais fino, geralmente mais escuro, (silte-argilas) e restos orgânicos em decomposição, que possibilitam a ocorrência dos primeiros estados da sucessão vegetal denominada “pioneira”, composta principalmente por uma associação de gramíneas baixas. (BAYER, 2002).

As rápidas mudanças reconhecidas no canal e na Unidade III (Bancos e Ilhas Acrescidas) foram reconhecida em diversas pesquisas ao longo de aproximadamente 570 km, entre Barra do Garças e a foz do Rio Cristalino (Bayer, 2002; Morais, 2006; Latrubesse et al 2009).

Essa rápida evolução esta diretamente associada à “acelerada” dinâmica morfológica que mostram os ambientes sedimentares da planície definidos, dentre outros fatores, pelo suprimento de materiais. Assim, o assoreamento de canais secundários e posterior anexação de ilhas à planície de inundação são ressaltados como os principais fatores de mudanças de padrão de canal.

Neste estudo foram quantificados para o período de 1998-2008 os elementos geomorfológicos descritos por Morais, (2006) e Latrubesse et al, (2009), corroborando-se, em todos os segmentos do canal, marcadas mudanças nos elementos do canal (Tabela 3). Estes dados permitem inferir que o canal do rio Araguaia mantém as tendências evolutivas detectadas nos trabalhos anteriores, demonstrando assim, que o sistema fluvial ainda não

conseguiu uma nova situação de relativo equilíbrio, já que processos de sedimentação continuam a prevalecer no sistema fluvial.

Tabela 3 Evolução quantitativa dos elementos do canal. (Fonte: Fotografias aéreas e Imagens de satélite. Mês de Julho 1965-1975-1998 e 2009)

Parâmetro	1965	1975	1998	2009
Numero Total de ilhas nos 500 km do canal.	202	184	135	94
Numero de Ilhas no trecho estudado (> 0,10 km <sup>2</sup> )	33	31	24	14
Ilhas menores no trecho estudado (< 0,10 km <sup>2</sup> )	120	108	73	62
Barras laterais (no trecho estudado)	142	154	178	164
Barras centrais (no trecho estudado)	38	69	108	126

Como fosse ressaltado previamente, a grande armazenadora de material sedimentar na planície aluvial do Rio Araguaia é a Unidade III **Planície de acreção de barras e ilhas**, a qual continua a incrementar por acreção lateral principalmente sua área de influência dentro do mosaico de unidades morfosedimentares da planície aluvial do rio Araguaia.

O ordenamento e classificação dos materiais que conformam esta Unidade, assim como a descrição dos diferentes ambientes sedimentares associados ao canal, serão desenvolvidas na integra no Artigo 2 - "AMBIENTES SEDIMENTARES DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO ARAGUAIA."

## BIBLIOGRAFIA

- ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas[online],URL:<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/HidroWeb.asp>.
- Aquino, S. (2002) Regime hidrológico e comportamento Morfohidráulico do rio Araguaia. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR 2002.
- Arruda , B. M. (2000). Projeto Corredor Ecológico Bananal-Araguaia. MMA/IBAMA. Brasília.
- Barbalho, M. G. da S. (2002) Morfopedologia aplicada ao diagnóstico e diretrizes para o controle dos processos erosivos lineares na Alta Bacia do rio Araguaia (GO/MT). 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Sócio Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Bayer M. (2002). 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.
- Carvalho M.T. (2006). Transporte de carga sedimentar no Médio Rio Araguaia entre os Rios Crixás-Açú e Javaés. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2006.
- Castro, S.S. de (2005). Water erosion in upper Araguaia river basin: distribution, controls, origin and actual dynamic. Revista do Departamento de Geografia, n. 17, p. 38-60.
- Castro, S. S.; Xavier, L. S.; Barbalho, M. G. (2004) Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguainha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Goiás,. 75 p.
- Drago, V., Mamede, L., Nascimento M.A.L.S et al. (1981), Cap."Geologia", Levantamento de Recursos Naturais. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil: Folha SD-.22 GOIAS.
- EMBRAPA (2006) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Serviço de Produção da Informação, 2006.
- Franco, S. M., 2003. O grande vale do Araguaia: transformações da bacia do Araguaia em Goiás. 2003. 382 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, 2003.



- Iriondo, M. E.; Suguio, K. Neotectonics of the Amazon Plain: Bulletin of INQUA. Neotectonic Commission, v. 4, p. 72-78, 1981.
- Latrubesse E.M.; Stevaux J. C.; Bayer M.; Prado R. (1999) The Araguaia-Tocantins fluvial basin. In: International Symposium of Geomorphology and paleohydrology of large rivers-GLOCOPH/IAG. Goiânia: Editora da UFG, p. 148-151.
- Latrubesse E.M.; Stevaux J.C. (2002). 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.; Carvalho T.M.; Stevaux J.C. (2005) Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal. Superintendência de Geologia e Mineração – Governo de Goiás, Goiânia – GO. 1:250.000. 2005.
- Latrubesse, E.M., Amsler, M.L., de Moraes, R.P., Aquino, S., (2009) The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River, Geomorphology (2009)
- Mamede, L., Nascimento M.A.L.S. (1981). Capítulo. "Geomorfologia". IN: Levantamento de Recursos Naturais, Projeto Radambrasil Folha SD – 22 Goiânia. (1981). Rio de Janeiro.
- Morais R. P. (2006). A Planície Aluvial do Médio Araguaia: processos geomorfológicos e suas Implicações Ambientais. Tese de doutorado, CIAMB - Universidade Federal de Goiás, 145p.
- Nanson, G., Croke, J., (1992). A genetic classification of floodplains. Geomorphology 4, pp 459–486.
- Pinheiro R. C. D. (2004), Lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia, Goiás/Mato Grosso: características fisiográficas e limnológicas. 2004, 107p. Dissertação - Universidade Federal de Goiás, Mestrado em Ciências Biológicas (Ecologia), Goiânia–GO.
- SEMARH- Estado de Goiás (2006/2007) Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica Tocantins-Araguaia (PROTAR). Cadernos Regionais.
- Silva A.A. (2000). Estudo das relações entre o sistema viário, a rede de drenagem e as ocorrências erosivas lineares na bacia do alto rio Araguaia. Monografia de Graduação. IESA.UFG. p 62, 2000.
- Schumm, S., (1977). The Fluvial System. Wiley, New York, 338 pp.
- Stevaux, J. C., 1994. The upper Paraná River (Brazil): Geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. Quaternary International, v.21:143-161.

Valente C. R, (2007) Geotectonic, geologic evolution and regional geomorphology of the Araguaia river basin, Central Brazil. Teses de Doutorado. CIAMB-UFG. 2007. 204 pp.

## **PARTE 3**

## **Características hidrosedimentológicas e geoquímicas do fluxo de sedimento em suspensão no Alto e Médio Rio Araguaia.**

Maximiliano Bayer (1), Edgardo Latrubesse (2)

(1) Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF-IESA).

Universidade Federal de Goiás

(2) Department of Geography and the Environment

University of Texas at Austin

### RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados de um intenso programa de monitoramento e análise de parâmetros hidrosedimentológicos na extensão goiana da Alta e Média Bacia do rio Araguaia. Os dados foram obtidos num período que cobre vários ciclos hidrológicos (2000-2008) e permite estabelecer variáveis de ajuste aos diagnósticos já elaborados e adotados pela literatura oficial, referentes às características do fluxo de sedimentos transportado em suspensão pelo sistema fluvial. A distribuição das concentrações da carga transportada em suspensão (Css) durante um ciclo hidrológico anual foi considerada na determinação dos valores de transporte de sedimentos para a Estação Fluviométrica Aruanã. Detalhes do comportamento do fluxo de sedimentos nos afluentes goianos da Alta e Média Bacia, assim como nos diferentes subambientes da planície aluvial foram complementados com resultados preliminares referidos com aspectos gerais da geoquímica dos sedimentos suspensos, determinando valores de concentrações de elementos químicos em níveis considerados naturais, e a ausência de resíduos antrópicos contaminantes, conformando uma inédita base de dados e uma importante ferramenta no gerenciamento dos recursos hídricos.

Palavras-chave: fluxo de sedimentos, concentração dos sedimentos em suspensão, geoquímica dos sedimentos.

### RESÚMEN

En el presente trabajo son presentados los resultados obtenidos a partir del monitoreo y análisis de parámetros hidro-sedimentológicos en la Alta Cuenca del río Araguaia. Los datos recogidos en diversas campañas realizadas en distintos momentos del ciclo hidrológico, durante el período 2000-2008, permiten establecer variables de ajuste a los diagnósticos elaborados y utilizados por los organismos oficiales, referidos particularmente a la carga y transporte de sedimentos en suspensión en el tramo superior del medio Araguaia. La distribución anual de las concentraciones de sedimentos en suspensión (Css) fue considerada al determinar los volúmenes de sedimentos transportados en la Estación Fluviométrica Aruanã. Aspectos preliminares referidos a la geoquímica de los materiales transportados en suspensión determinan valores de concentración de elementos químicos en niveles considerados naturales y ausencia de residuos antrópicos y contaminantes, conformando una inédita base de datos que constituye una valiosa herramienta para el gerenciamento de los recursos hídricos.

Palabras-laves: flujo de sedimentos transportados en suspensión, concentración de sedimentos en suspensión, geoquímica dos sedimentos.

## 1.INTRODUÇÃO

O fluxo de sedimentos transportados em suspensão pelos sistemas fluviais é fundamental para a manutenção dos ambientes naturais. Esses materiais desempenham importantes funções como agentes fixadores, catalisadores e carreadores de outros agentes químicos e de matéria orgânica, além de representarem as maiores contribuições para o volume total de sedimentos despejados nos oceanos.

O conhecimento da distribuição e composição destes sedimentos numa bacia hidrográfica é fundamental para desenvolver uma adequada gestão dos recursos hídricos, além de fornecer suporte às decisões que regulam e promovem o desenvolvimento de inúmeras atividades antrópicas relacionadas direta ou indiretamente com o sistema fluvial. Esse conhecimento adquire maior relevância, ainda, em ambientes caracterizados pelas fortes mudanças ambientais (naturais ou antrópicas) como as relatadas atualmente por muitos pesquisadores em diferentes países do mundo e presentes no contexto desta pesquisa.

Como foi estabelecido em trabalhos anteriores, as mudanças no padrão ambiental e sócio-cultural na bacia do rio Araguaia alteraram dentre outros fatores naturais a quantidade de sedimentos disponível no sistema fluvial, acelerando a ação sedimentar e a predominância de processos deposicionais em grande parte do canal principal e nos diferentes ambientes sedimentares da planície aluvial. Assim, para o período compreendido entre 1965-1998, se reconhece uma profunda mudança em diversos parâmetros morfométricos do canal e a deposição de mais de 230 Mt de materiais, principalmente areias, transportadas como carga de fundo e depositadas como barras de canal, num trecho de 500 km do rio (Morais, 2006; Latrubesse, et al, 2009).

O trabalho de Werneck Lima et al, (2003) relativo ao diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins, desenvolvido em conjunto pela Embrapa Cerrados, a ANEEL e a ANA, representa um grande avanço no conhecimento hidrossedimentológico da região Centro-Oeste, porém, com relação à Alta e Média bacia do rio Araguaia, as informações contidas nele são escassas e de qualidade irregular.

Dessa forma, ainda muito pouco se conhece sobre a dinâmica hidrológica do sistema fluvial do rio Araguaia em seu trecho goiano, nem sobre sua complexa resposta diante dos variados desequilíbrios decorrentes das mudanças no uso da terra, acontecidas particularmente a partir de 1970. Por um outro lado, não existem, em toda a Alta e Média bacia do rio Araguaia, estudos concretos sobre as características geoquímicas dos sedimentos transportados em suspensão, sendo inexistentes informações que estabeleçam os níveis “naturais” de concentração desses elementos, o seu comportamento nos distintos momentos do ciclo hidrológico nem e a distribuição dos elementos nos distintos subambientes do sistema conformado

pelo canal e a planície de inundação.

Diante da importância e da falta de informações disponíveis sobre esses temas, este trabalho tem por objetivo divulgar dados referentes ao comportamento hidrossedimentológico do rio Araguaia e dos afluentes da Alta e Média bacia, com o objetivo de estabelecer, em primeiro lugar, um modelo de comportamento da carga transportada em suspensão, para o trecho Médio Superior do rio Araguaia.

De essa forma, as expectativas são que os dados obtidos acerca das características da carga e transporte de sedimentos em suspensão, assim, como as informações complementares referidas à geoquímica dos sedimentos possam ser utilizadas como subsídios ao estabelecimento de um conjunto de Indicadores ambientais que permitam uma melhor gestão do recurso. Esses dados tornam-se ainda mais relevante devido à carência de antecedentes e estudos prévios, assim como ao fato que esta situação exemplifica assim, a rápida resposta do sistema fluvial ao desmatamento que afeta grande parte do Cerrado.

## **2. ÁREA DE ESTUDO**

A bacia do rio Araguaia se destaca como uma das principais artérias de drenagem e transporte de sedimentos do Cerrado. Com as nascentes instaladas em áreas elevadas do planalto central Brasileiro este sistema fluvial apresenta o maior desenvolvimento no sentido Norte-Sul, constituindo uma das mais importantes áreas úmidas da região Centro-Oeste e albergando importantes áreas de preservação e uma biodiversidade exuberante (Arruda M. 2000).

A área descrita neste trabalho (Fig.1) compreende um trecho da planície aluvial do rio Araguaia de aproximadamente 350 km de comprimento. Nesse trecho o rio recebe o fluxo de sedimentos de um conjunto de seis sub-bacias que formam uma área total de 81.290 km<sup>2</sup>.e se inserem na Alta (Alto Araguaia, rio Caiapó) e Média bacia do rio Araguaia (rio Claro, rio Vermelho, rio do Peixe e rio Crixás-Açú).

Entre as localidades de Aragarças e Aruanã, o rio Araguaia deixa de se apresentar encaixado nas rochas do embasamento sedimentar e desenvolve uma ampla planície aluvial, escavada nos sedimentos de idade Pleistocênica da Formação Araguaia e constituída por um complexo mosaico de morfologias fluviais reliquiais que representam uma complexa história evolutiva, onde as mudanças climáticas e a Neotectônica têm desempenhado um papel principal.

O rio Araguaia apresenta na área de estudo, de forma geral, um canal simples, pouco sinuoso (Is: 1.10-1.15), que transporta abundante carga de fundo arenosa, principalmente na forma de dunas submersas que se deslocam a velocidades de vários metros por dia (Bayer M., 2002, Latrubesse, et al, 2009).

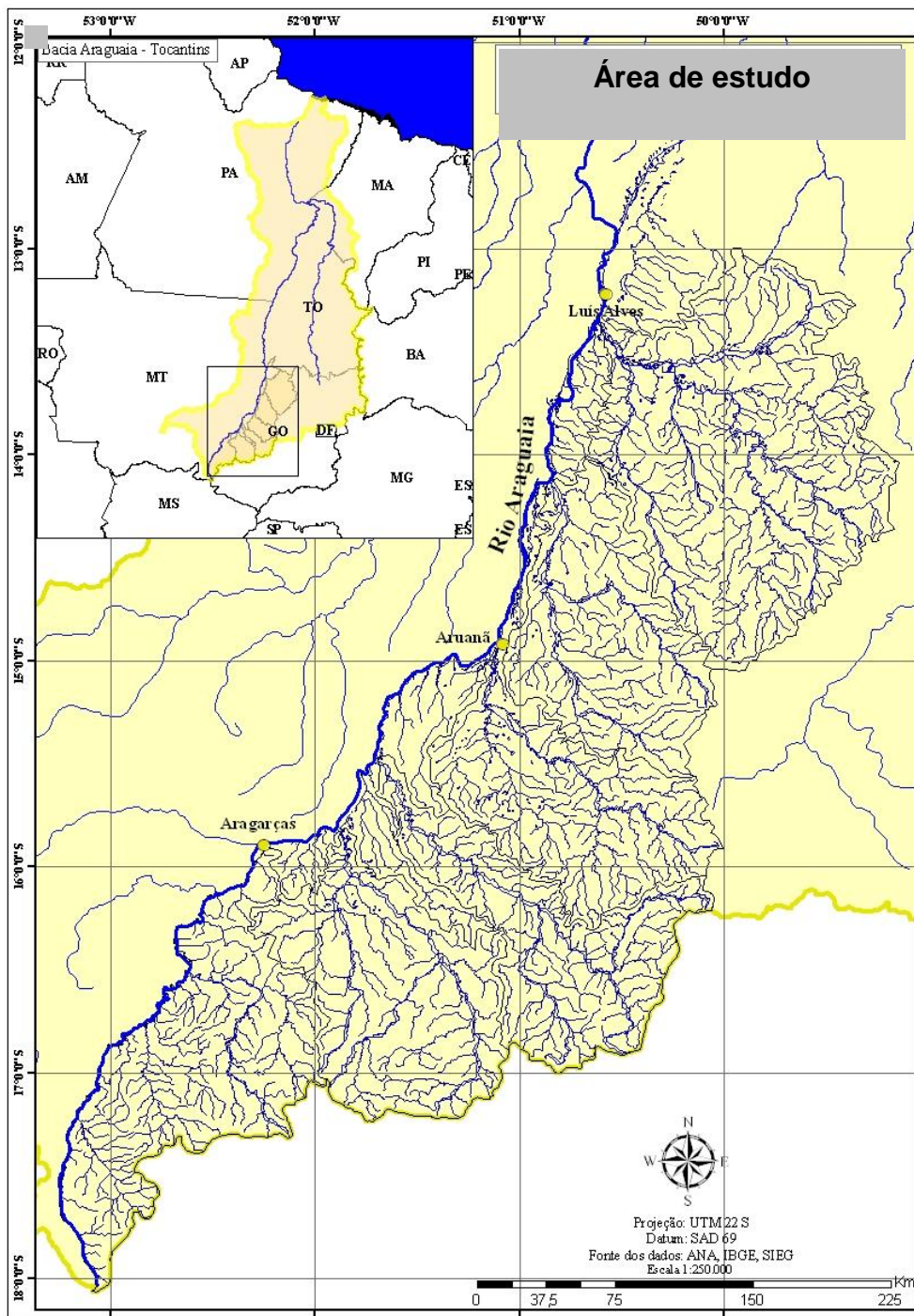


Figura 1: Mapa de Localização do sistema fluvial do rio Araguaia no Estado de Goiás. Fonte: SIEG-GOIÁS)

Neste trecho, representativo do trecho Médio do rio Araguaia, a planície aluvial é formada por quatro unidades morfo-sedimentares constituídas por sedimentos do Holoceno e do Quaternário tardio, descritas como: I - planície de escoamento impedido (38,7% da área total da planície), II - planície de paleomeandros (45,6%), III – planície de acreção de barras e ilhas (7,8%), e IV – planície de rios menores. (Bayer M., 2002, Latrubesse & Stevaux, 2002, Morais R., 2006).

O sistema lacustre representa o 5,5 % do total da superfície da planície (

no trecho no estado de Goiás aprox. 120 km<sup>2</sup>.) (Morais, et al, 2006), apresentando uma grande variedade de estilos morfológicos representativo de diversos tipos de lagos de planície como: Oxbows, canal abandonado, espiras de meandro e vales bloqueados. Este conjunto de corpos aquáticos apresentam uma importante dinâmica periódica diretamente associadas as mudanças do regime hídrico, (ciclo hidrológico), trocando em alguns casos as suas características de lóticos na cheia para lénticos no período da estiagem.

### **3. METODOLOGIA**

A carga em suspensão ou carga de lavado considerada (wash load para geomorfólogos) é a carga constituída pelas partículas sedimentares menores (principalmente silte e argila) que são transportadas dentro da massa da água e mantidas em suspensão pela turbulência. As informações contidas na base de dados HIDRO (Hidroweb-ANA) e que se referem especificamente aos valores de concentração de sedimentos em suspensão para as Estações Fluviométricas inseridas na área de estudo (Estação Aruanã, Estação Luis Alves, Estação Bandeirantes) revelam-se escassas e com notáveis deficiências na qualidade e na periodicidade de coleta de dados. Essa deficiência se traduz em alguns casos em estimativas supérfluas, quando não errôneas.

Devido a essa deficiência de informação e com o intuito de melhor determinar as características hidrosedimentológicas da bacia, particularmente na sua extensão em território goiano, foi desenvolvido um extenso programa de amostragem de sedimentos suspensos no canal principal e em diversos ambientes da planície de inundação do rio Araguaia, (lagos, canais secundários, alagados), assim como nos afluentes goianos (rio Caiapó, rio Claro, rio Vermelho, rio do Peixe e rio Crixás-Açu) e em áreas de nascentes caracterizadas pela intensa atuação de processos erosivos.

As coletas de amostra abarcaram um intervalo de vários anos de pesquisas (2000/2008) distribuídas em diferentes estágios do ciclo hidrológico (Fig 2). As amostras de sedimentos transportados em suspensão foram obtidas utilizando garrafas de van Dorn em pelo menos três eixos verticais em cada seção transversal do canal, com duas amostras por eixo vertical (20 e 60% da profundidade) e três no talvegue, obtendo-se, logo no processo uma concentração média que constitui o dado hidrológico utilizado no cálculo de transporte de carga em suspensão.



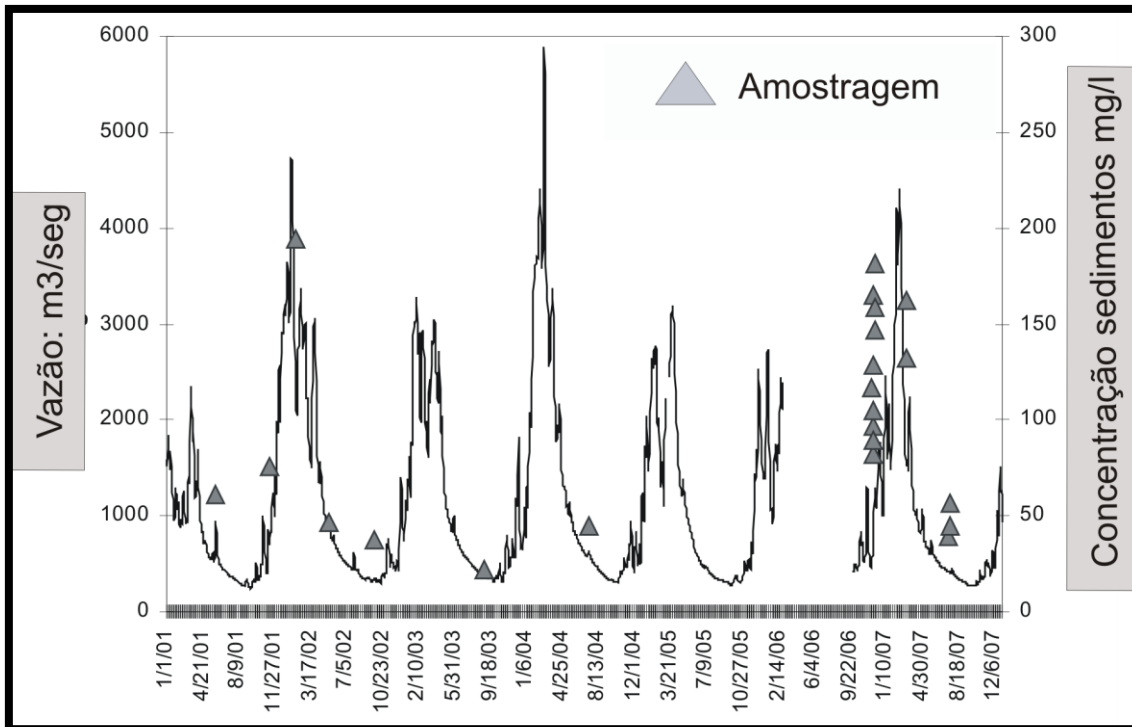


Figura 2: Distribuição da coleta de amostras, e sua posição em relação ao hidrograma de vazões médias diárias e aos valores determinados de concentração de sólidos em suspensão (C<sub>ss</sub>) (Estação Aruaná. Período 2001-2007).

O método de determinação da concentração de sedimentos suspensos utilizado é o definido por Carvalho et al (2000), que consiste na filtragem de uma parte da amostra através de membrana de éster celulose de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro e 47 mm de diâmetro, e posteriormente secada e pesada. Durante a pesquisa foi processado um conjunto de 140 amostras de sedimentos em suspensão, coletadas em um trecho de aproximadamente 500 km do canal principal do rio Araguaia. Todas as amostras foram preparadas e processadas no Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF) do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais (IESA).

Esse conjunto de dados obtidos foi utilizado nos cálculos de transporte de sedimentos e elaboração de gráficos de distribuição das concentrações junto com os valores de vazão, disponível no banco de dados HIDRO (Hidroweb), e dos dados pontuais obtidos na Estação Fluviométrica Aruanã (ANA), operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM-GO).

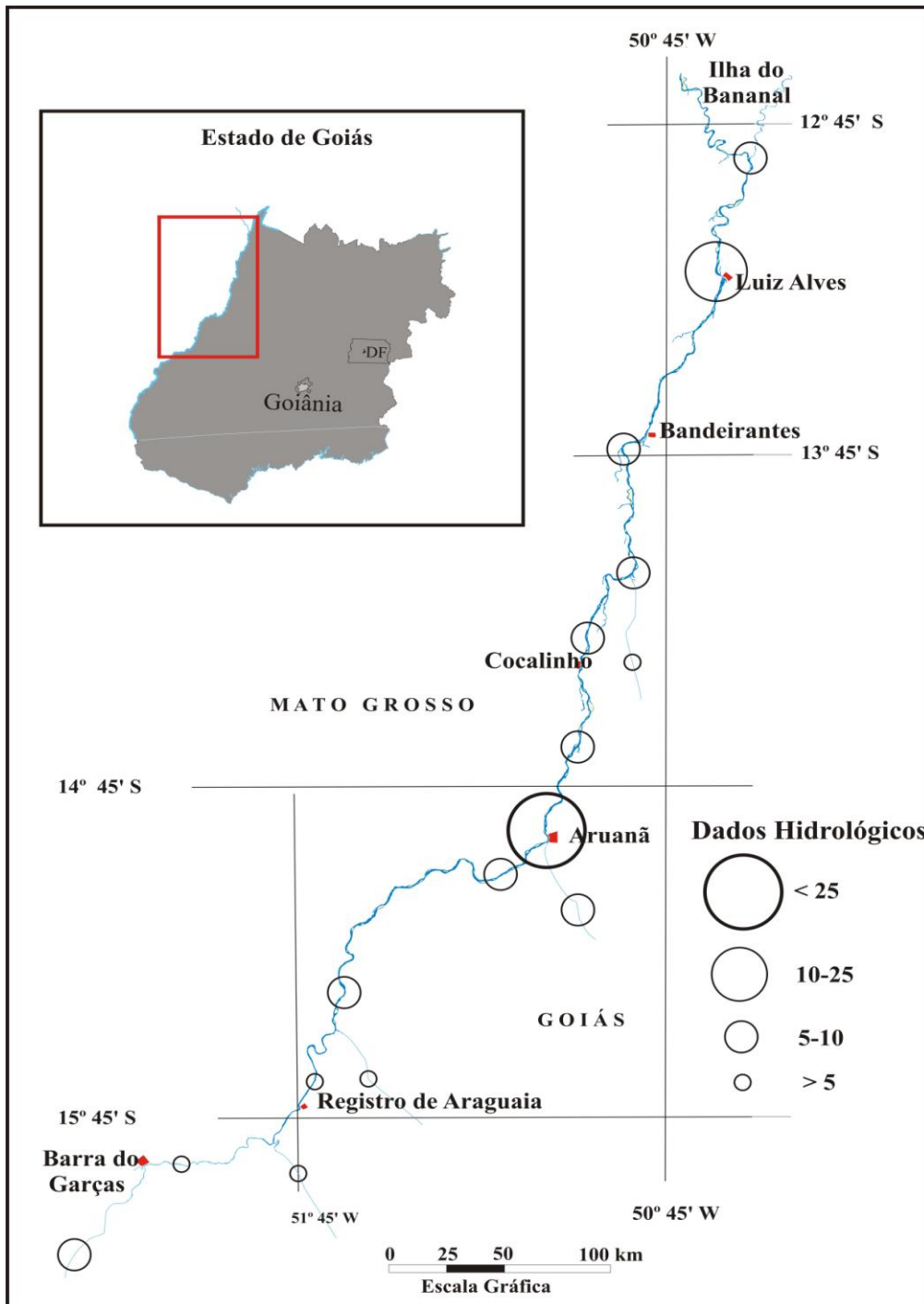


Figura 3- Distribuição dos dados hidrológicos obtidos durante a pesquisa, no médio canal do rio Araguaia e afluentes goianos.

Esses estudos foram complementados em determinados trechos do rio Araguaia com o levantamento batimétrico de detalhe do canal principal e do sistema lacustre a partir da utilização de ecossonda (Furuno-GP 1650F/DF-50/200 kHz). A determinação da vazão e velocidades do fluxo foi realizada com ADCP (Acoustic Doppler Current Profile). Diversos parâmetros físico-químicos foram determinados in situ com sonda portátil HORIBA (pH, Oxigênio dissolvido, Temperatura e Condutividade Elétrica) em distintos períodos do ciclo hidrológico.

De forma complementar e procurando um enfoque multidisciplinar na pesquisa, selecionaram-se um total de 65 amostras (filtros/ membranas) que foram processadas e analisadas no Laboratório de Espectroscopia Atômica da Universidade Católica de Brasília (UCB).

No Brasil, a determinação da química dos sedimentos em suspensão tem despertado grande interesse ambiental, refletido em numerosas publicações que tratam o tema, mais ainda voltadas, sobretudo á avaliação da influencia antrópica sob o recurso hídrico, Robaina, L.E, (2002), Oliveira, M.R (2006), Hortellani, M. A., (2008), e especialmente sobre o abastecimento publico, Lima Lemes M.J, (2003). O estudo das características geoquímicas referidas a presença e concentração de elementos traços nos sistemas aquáticos “naturais” brasileiros foram desenvolvidos em grande número na bacia Amazônica, Oliveira Gomes J.P, (2006) Viers J. (2005-b), Carvalho, A.T., (2005), e na bacia do Paraná (De Petris, et ali, 2003).

Na alta e media bacia do rio Araguaia, não existem estudos concretos sobre as características geoquímicas dos sedimentos transportados em suspensão, sendo inexistente particularmente estudo dos níveis de elementos traços e distribuições no sistema canal-planície de inundação. Essas informações (concentração, distribuição, biodisponibilidade, etc) poderam ser utilizadas como importantes indicadores ambientais, permitindo dentro de outras possibilidades, definir parâmetros da qualidade do material de aporte, o potencial de contaminação, e os processos bio-geoquimicos que acontecem nos distintos ambientes da planície de inundação.

Nesta fase do trabalho foram determinados e quantificados diversos elementos ( Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sc, Se, Ti, V, Zr, B, Fe, Mg, Zn, Ca Na, e K ) presentes nos sedimentos suspensos. Para facilitar a análise e interpretação dessas informações, esses elementos foram classificados preliminarmente em quatro grupos de acordo á massa representada por cada elemento, no peso total do filtro.

## **4.RESULTADOS**

### **I-Distribuição das concentrações de sólidos em suspensão (Css)**

As concentrações de sedimentos em suspensão medidas ao longo da Alta e Média bacia do Araguaia apresentam valores considerados como “baixos” (< 150 mg/l), segundo a classificação de CARVALHO et al, (2000), sobretudo quando comparados com outros sistemas fluviais de grande porte, mesmo em ambientes tropicais. Os valores de concentrações de sedimentos suspensos nos canais principais das sub-bacias afluentes, no entanto, são ainda menores, podendo ser considerados como “muito baixos” (< 50 mg/l) ainda que, muito localmente, afluentes menores apresentem concentrações

elevadas quando associados a setores da bacia com intensos processos erosivos.

Portanto, de forma geral, se observa uma escassa participação no aporte de sedimentos transportados em suspensão pelos afluentes da Alta e Média bacia, inclusive daqueles que sofrem intensa atividade antrópica.(FIG-4)

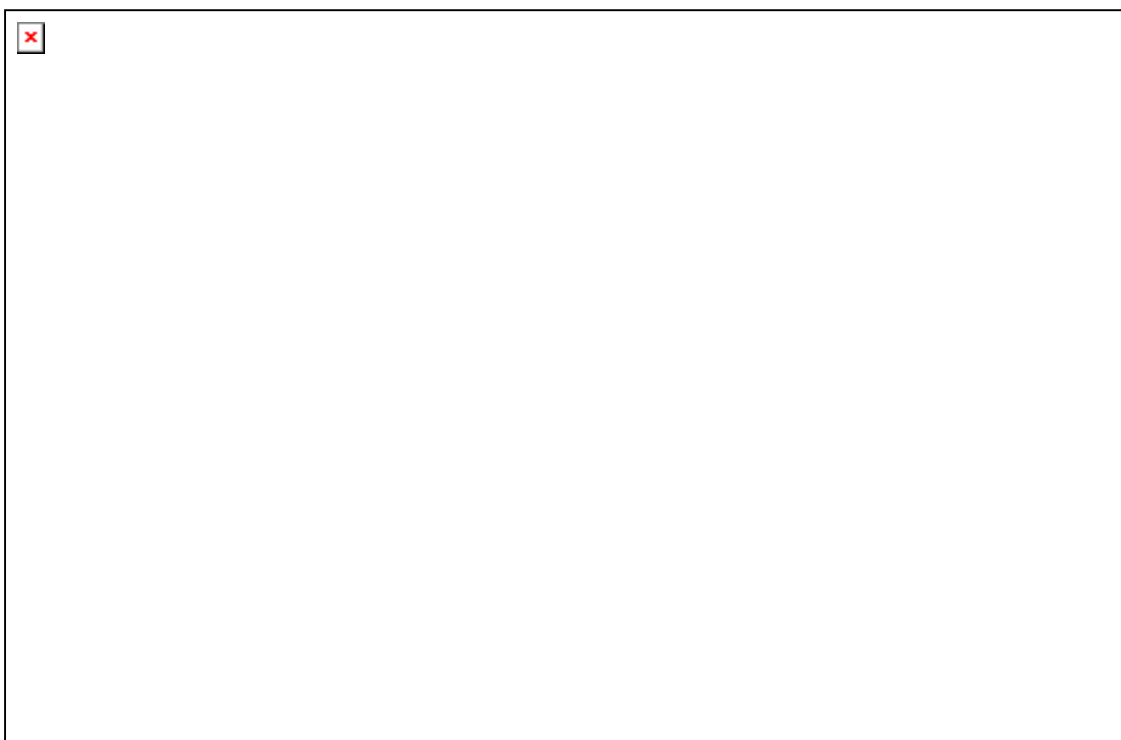


Figura 4. Esquema do aporte de fluxo de sedimentos em suspensão pelos afluentes goianos à planície aluvial do rio Araguaia.

Os valores obtidos de concentração de sedimentos em suspensão nos afluentes goianos, no canal principal do rio Araguaia, assim como nos distintos subambientes da planície de inundação apresentam variações que podem se associar diretamente ao ciclo hidrológico e a sazonalidade das precipitações. Os dados obtidos na Estação Fluviométrica Aruanã, mostram claramente que os picos de cheias do Araguaia acontecem nos meses de janeiro a maio, estação chuvosa, coincidindo com o aumento nas concentrações de sedimentos em suspensão.

Uma outra particularidade na distribuição de valores de concentração de sedimentos transportados em suspensão ( $C_{ss}$ ) ao longo da planície ficou evidenciada nas sucessivas coletas de sedimentos realizadas no trecho Goiano da planície. É notório o progressivo incremento nos valores de concentração de sedimentos transportado em suspensão ( $C_{ss}$ ) de montante à jusante, ainda no mesmo período de coleta. Em coletas realizadas no período de estiagem (Julho) e representadas na Figura 5, pode-se constatar que os valores de concentrações oscilaram entre 20-30 mg/L no início da planície (Registro de Araguaia), aumentando até 70-100 mg/L no extremo Norte da

área de estudo (Estação Luis Alves), em aproximadamente 300 km de percurso.

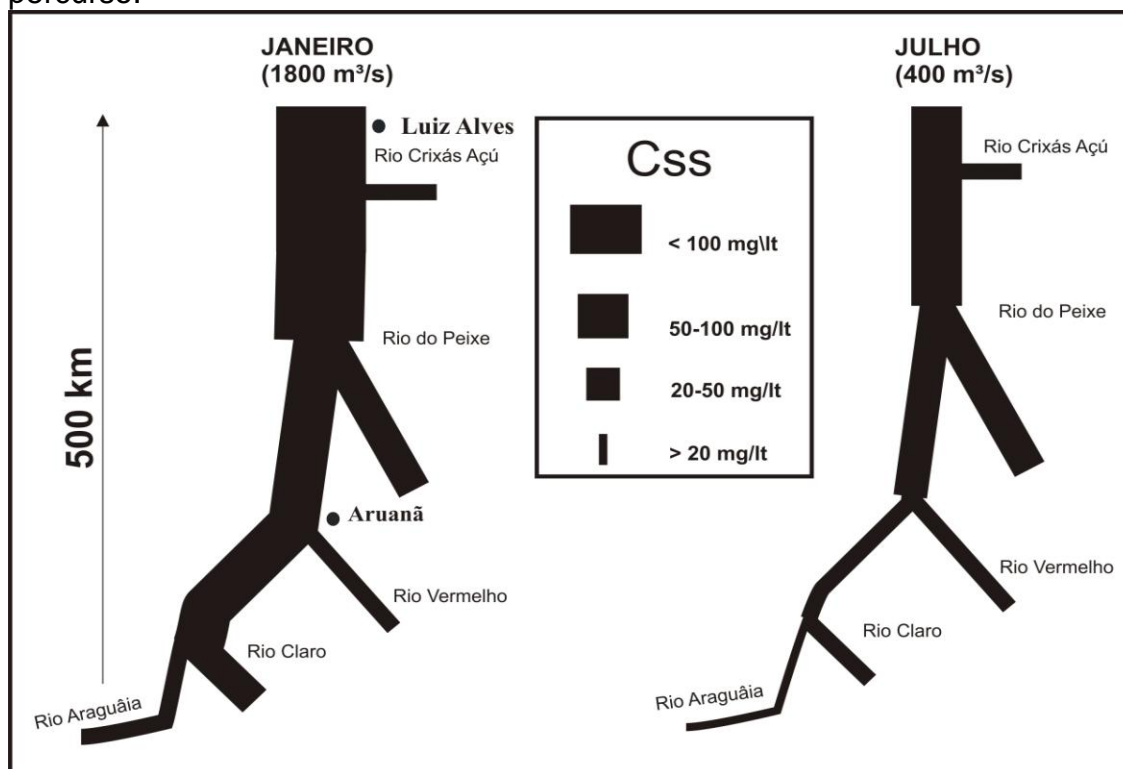


Figura 5. Distribuição temporal e espacial das concentrações de sedimentos em suspensão na planície de inundação do rio Araguaia. (Dados período 2000-2008).

Esse progressivo aumento nas concentrações de montante a jusante é corroborado também na estação das cheias e por dados relativos a fatores indiretos associados, como a diminuição nos valores de transparência da água do canal principal a jusante da área de estudo. Os valores médios de transparência, obtidos com disco de Secchi em 69 pontos no rio Araguaia durante campanhas em Julho de 2004 e 2007, oscilaram de 49,9 cm em 2004 a 56,4 cm em 2007, mas com uma significativa redução nos valores de 85 cm na Estação Aragarças (início da planície) a 35 cm no trecho inferior, já próximo à Luís Alves.

## II- Cálculo de transporte de carga em suspensão.

Levando em consideração os dados mencionados procedeu-se ao cálculo de carga transportada em suspensão para a Estação Fluviométrica Aruanã, elaborando-se em primeiro lugar a curva que correlaciona as vazões diárias com a concentração de sedimentos suspensos. No período analisado, os valores de transporte diário oscilaram entre valores extremos de 697 tons/d a 22.042 tons/d. (Tabela 1).

Tabela 1-Concentração de sedimentos em suspensão e transporte diário de

sedimentos. Estação Fluviométrica Aruanã.

Data	Vazões Diárias m³/s	Concentração Mg/l	Transporte diário de sedimentos (tons.)
31/05/2001	941	61,1	4.972
11/11/2001	692	75,9	4.541
10/05/2002	794	46,2	3.167
01/09/2003	371	21,7	697
14/07/2004	642	44,5	2.468
28/11/2006	557	116,8	5.621
29/11/2006	589	82,3	4.188
30/11/2006	703	96,7	5.873
01/12/2006	877	89,4	6.774
02/12/2006	970	104,5	8.758
03/12/2006	1.014	164,6	14.421
04/12/2006	1.048	128,9	11.672
05/12/2006	1.186	158,4	16.231
06/12/2006	1.288	181,4	20.187
07/12/2006	1.206	146,7	15.286
11/03/2007	1.569	162,6	22.042
12/03/2007	1.530	132,4	17.498
21/07/2007	413	38,8	1.385
22/07/2007	416	56,3	2.024
23/07/2007	420	44,7	1.622

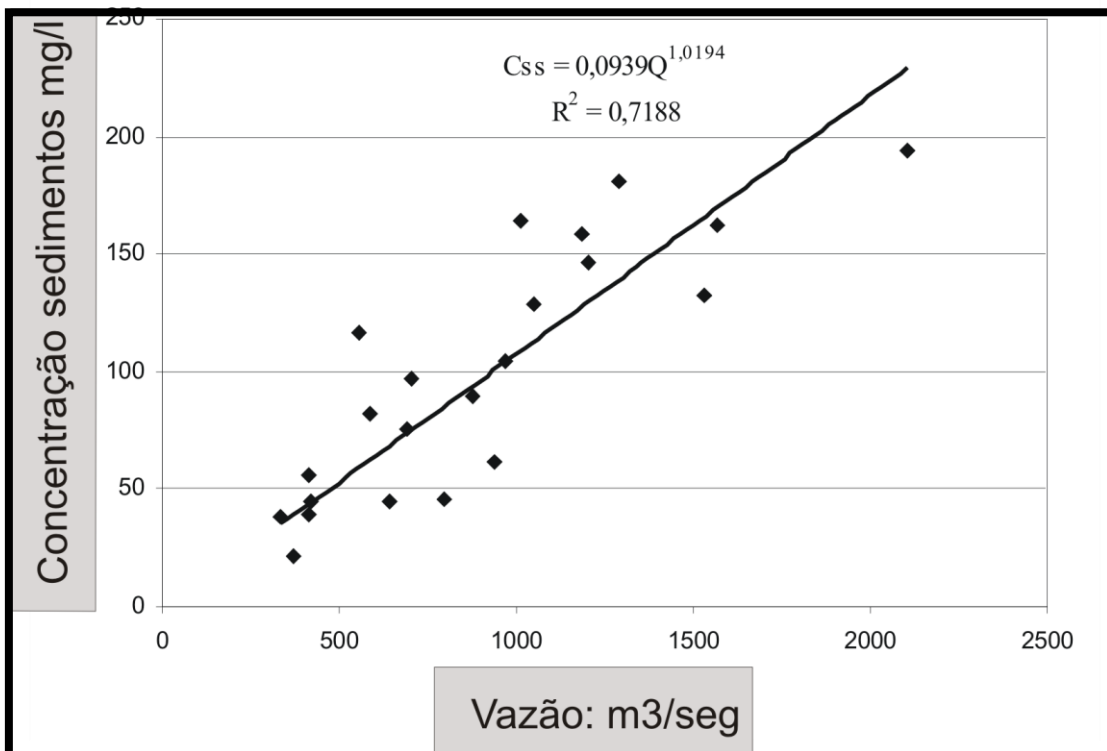


Figura 6: Equação (1) - Relação entre concentração de sedimentos e vazões médias diárias na Estação Aruanã.

O cálculo de transporte foi obtido da seguinte equação:

$Q_{ss} = 0,0864 \times Q \times C_{ss} = (t/dia)$  (Eq.1), onde, Q = descarga líquida em m<sup>3</sup>/s (vazão), C<sub>ss</sub> = concentração em mg/l, e 0,0864 = a constante resultante da divisão dos segundos diários por conversões de unidades de massa, de gramas a toneladas

Tabela 2: Estimativa do Transporte de sedimentos em suspensão (média anual). Estação Aruanã. (2001-007)

Ano	Vazão média Anual (m <sup>3</sup> /s).	Transporte médio Anual (tons).
2001	915	4.436.040
2002	1.189	8.877.306
2003	1.150	7.173.534
2004	1.315	11.219.959
2005	1.060	5.952.221
2006	1.207	S/D
2007	1.010	6.664.392
Média	1.121	7.387.242

### III- Composição química dos sedimentos suspensos

Geralmente, a variação da concentração dos elementos químicos em sedimentos em suspensão pode ser explicada em função de fatores como a geologia da região, o tipo de solo predominante, o uso e ocupação da área de aporte, o regime hidrológico, o tipo de vegetação, a presença de mineralizações, dentre muitos outros fatores. (Kabata & Pendias, 2000).

Nas condições climáticas da região (com valores de precipitação média de 1500 a 1800 mm anuais), os processos químicos geram solos profundos, empobrecidos em elementos altamente solúveis (Na, Ca) e enriquecidos em elementos menos solúveis (Fe, Al, Si). Assim, os solos de maior evidência na região -Latosolos Vermelho-Amarelo e Vermelho- com texturas variáveis de média a argilosa, associados comumente a Solos Concrecionais, Neossolos Quartzarênicos, e Solos Podzólicos Vermelho-Amarelo. Algumas particularidades destes solos somadas às práticas incorretas no uso deste recurso, promovem a geração de amplas áreas degradadas onde acontecem impactantes fenômenos erosivos, ravinas e boçorocas descritas nos últimos anos em varias publicações (Castro, S.S., 2005, Barbalho M. 2005).

Esses processos erosivos disponibilizam importantes quantidades de sedimentos compostos principalmente de resistentes minerais primários (quartzo) e importantes volumes de minerais secundários (argilas, óxidos e hidróxidos metálicos) que são transportados pelos rios até o sistema principal da bacia do rio Araguaia.

Essa carga suspensa composta principalmente silte, argila e matéria orgânica, devido à sua grande área superficial por unidade de peso, têm um papel significativo no transporte, na disponibilidade para a adsorção e na sedimentação dos constituintes químicos analisados.

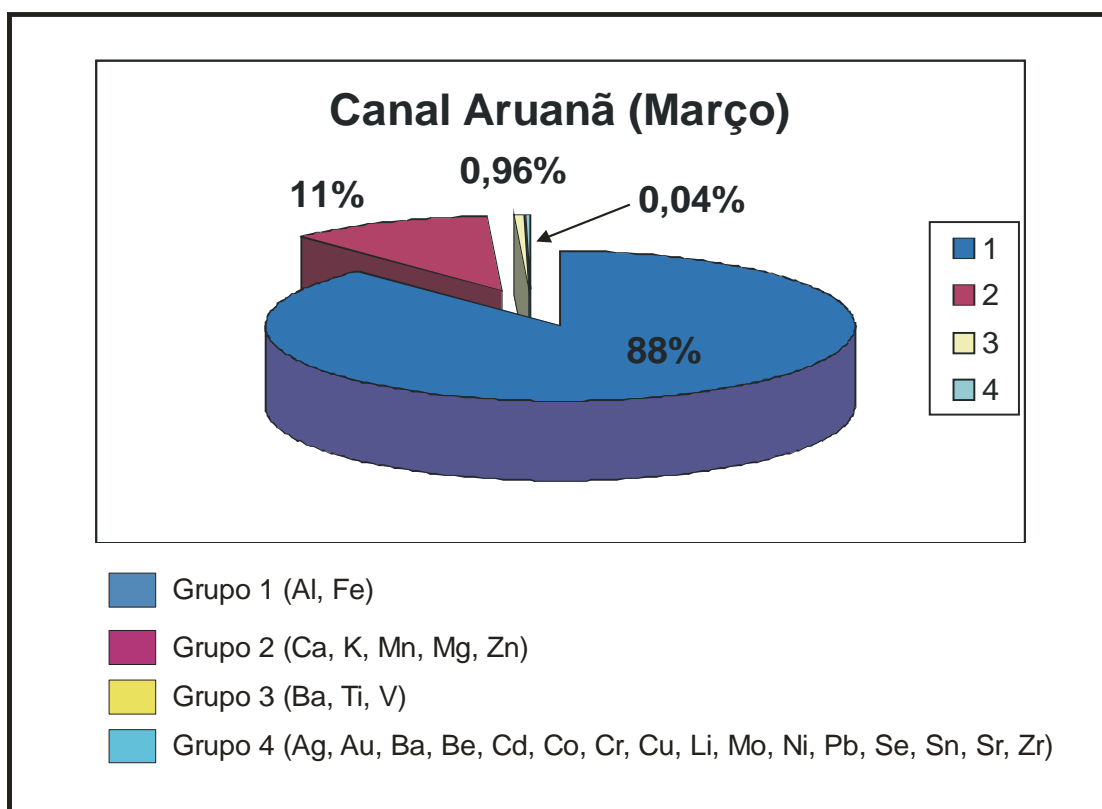


Figura 7. Composição química elementar dos sedimentos transportados em suspensão pelo rio Araguaia. Estação Fluviométrica Aruanã.

Nosso caso é possível admitir que nas condições climáticas da região (com valores de precipitação média de 1500 a 1800 mm anuais), os processos químicos que atuam sob tais condições geram solos profundos, empobrecidos em elementos altamente solúveis (Na, Ca) e enriquecidos em elementos menos solúveis (Fe, Al, Si). Essa disponibilidade resulta na presença destes elementos como dominantes (88-90%) na conformação total dos sedimentos transportados em suspensão pelo rio Araguaia (FIG-7).

Os elementos predominantes, GRUPO I (< 400 ug/filtro) (Al e Fe) estão presentes naturalmente em solos e em sistemas aquáticos superficiais e sub-superficiais mesmo que não haja perturbação antrópica do ambiente. O potencial aumento na concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades antropogênicas.



De forma geral, a espacialização destes dados (FIG-8) refletem um comportamento homogêneo na composição química dos sedimentos suspensos ao longo do canal do rio Araguaia, ainda em diferentes estágios do ciclo hidrológico, no entanto essa situação altera-se nos distintos subambientes da planície, que mostram diferentes graus de conectividade com o canal principal.

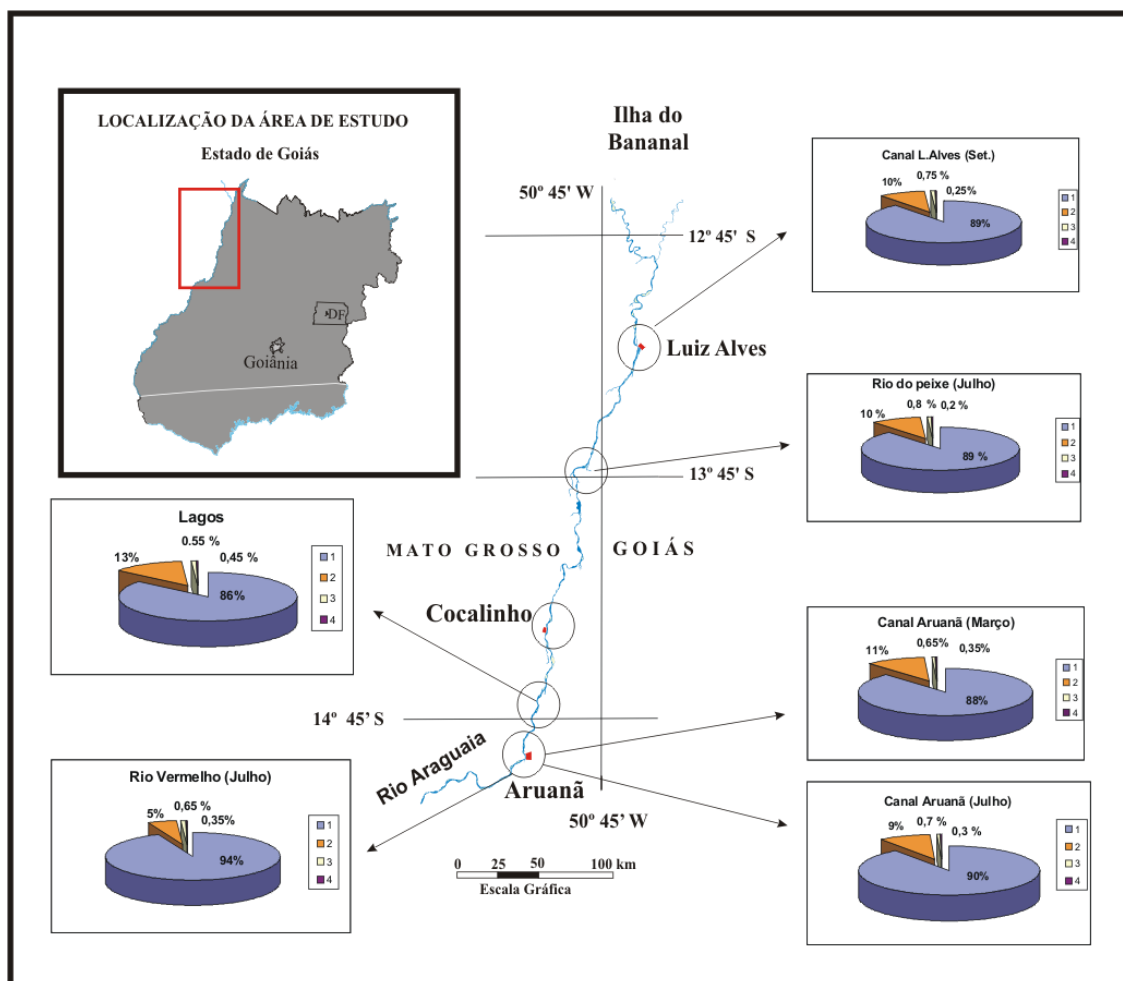


Figura 8: Comportamento da composição química dos sedimentos suspensos ao longo do canal principal, afluentes e subambientes da planície.

O conjunto de elementos do Grupo II, (Ca, K, Mn, Mg e Zn) representam aproximadamente o 10 % do peso das amostras. A porcentagem decresce fortemente em subambientes da planície sem conectividade como o canal principal, assim como no período da estiagem (FIG-8). Os elementos que conformam o GRUPO III (Ba, Ti e V) apresentam valores relativamente uniformes no canal e nos afluentes, mais também com um marcado incremento de algum elemento, neste caso Ba, nos subambientes desconectados da planície, alagados e lagoas rasas.

Os elementos do GRUPO IV (Ag, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Ni,

Pb, Sb, Sc, Se, Zr,), mostram uma escassa participação, (0,01-1 ug/filtro) mais com uma grande variabilidade relativa que poderia estar associada á condições locais. Desta forma, por exemplo, se determinou a presença de elementos potencialmente nocivos como Pb e Cu, nas amostragem desenvolvidas próximas de núcleos urbanos em épocas de intensa atividade turística.

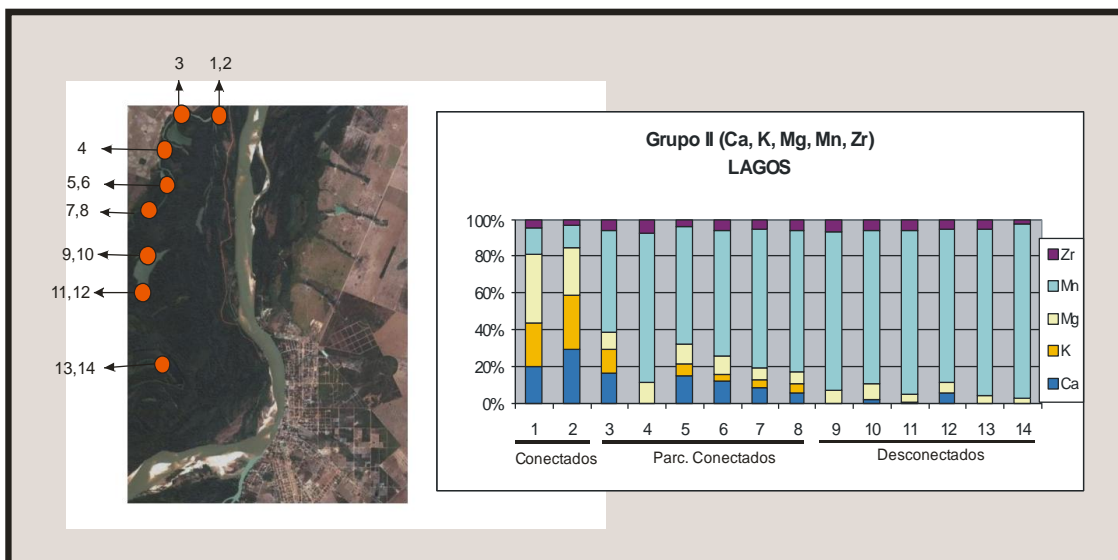


Figura 9: Comportamento químico dos elementos do Grupo II em sedimentos suspensos coletados lagos da planície de inundação do rio Araguaia, com diferentes graus de conectividade com o canal principal.

O comportamento refletido na Figura 9, sugere que os sub-ambientes da planície apresentam cambiantes condições de oxido-redução, capazes de modificar o estado de alguns destes elementos. Ao respeito do Mn, os gráficos mostram uma significativa diferença nos resultados das amostras de águas dos lagos, principalmente entre os períodos de cheia (oxic state) e seca. (anoxic state). Essa forte variabilidade afeta sobre tudo as amostras coletadas em ambientes distantes ou parcialmente desconectados do canal principal.

Como foi relatado (Viers, J, et ali 2005) para a planície de inundação do rio Amazonas, o Mn é um dos elementos que mostram maior variabilidade nas concentrações dos sedimentos em suspensão, apresentando importante enriquecimento relativo. Muitas destas elevadas concentrações são encontradas tanto em ambientes naturais como poluídos, pelo que ainda não é muito claro o papel que os ambientes lacustres têm no ciclo bioquímico deste e outros elementos que foram analisados.

## 5. CONCLUSÕES

O sistema fluvial do rio Araguaia é caracterizado por uma carga de sedimentos predominantemente arenosos, o que se manifesta como um dos principais fatores que influem na resposta morfogenética que a planície aluvial oferece diante deste cenário de mudanças aceleradas. No entanto, são muito escassas as informações no que se refere à carga em suspensão (wash load), sendo em tanto, um dos principais parâmetros hidro-sedimentológicos que regulam a evolução do canal, assim como determinam as características químicas da carga transportada.

Os valores de transporte de sólidos em suspensão aqui determinados diferem substancialmente daqueles mencionados no trabalho do fluxo de sedimentos em suspensão na bacia Araguaia-Tocantins de Lima, et al (2003), considerados referência para essa bacia, que estimam para a Estação Aruanã, um transporte médio anual ( $Q_{ss}$ ) de 12,6 Mt/a. Nossas pesquisas mostram que utilizando o conjunto de dados de concentração média, estabelecidos neste trabalho, (Tabela 2), os valores finais obtidos são substancialmente menores (35-40%) que os determinados pelos referidos autores. Essas diferenças são geradas, em grande parte, pelas deficiências que a base de dados utilizada apresenta e por variantes metodológicas que provêm resultados menos exatos que as determinações feitas neste trabalho, a partir dos valores médios das descargas diárias.

A espacialização e a criação de um modelo inédito da distribuição da carga de sedimentos transportados em suspensão para a Alta e Média bacia, mostra interessantes vertentes de pesquisa referidas a resposta do sistema fluvial, e particularmente da planície aluvial diante de cenários de fortes mudanças.

Por um outro lado, os sedimentos coletados mostraram-se importantes compartimentos acumuladores de elementos como alumínio, ferro, magnésio, manganês ao longo do Rio Araguaia. As condições ambientais favorecem a ocorrência de formas precipitadas associadas ao sedimento, sugerindo que a sua abundância poderia estar relacionada aos fluxos provenientes da alta bacia, os quais aportam importantes concentrações de minerais secundários (argilas) que favorecem o transporte destes elementos.

O comportamento homogêneo na composição química dos sedimentos suspensos no canal do rio Araguaia, ainda em diferentes estágios do ciclo hidrológico não se refletem nos diferentes sub-ambientes da planície aluvial que apresentam cambiantes condições de oxido-redução (redox condition), capazes de modificar o estado de alguns destes elementos apresentando em alguns casos um marcado enriquecimento relativo. Muitas destas elevadas concentrações são encontradas tanto em ambientes naturais como poluídos, pelo que ainda não é muito claro o papel que os ambientes lacustres têm no ciclo bioquímico destes elementos.

## **BIBLIOGRAFIA**

ANA - Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas [online], URL: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/HidroWeb.asp>.

AQUINO, S. (2002) Regime hidrológico e comportamento Morfohidráulico do rio Araguaia. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR 2002.

AQUINO, S., STEVAUX J.C., LATRUBESSE E.M., (2005) Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do rio Araguaia. Revista Brasileira de Geomorfologia -Ano 6, nº 2 (2005).

ARRUDA, B. M. (2000). Projeto Corredor Ecológico Bananal-Araguaia. MMA/IBAMA. Brasília.

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

CARVALHO, N.O. (1994) Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM/Eletróbrás , 372 p.

CARVALHO N.O.; FILIZOLA N.P. ; SANTOS P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. (2000). Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. 154 p

CASTRO, S. S. DE (2005). Water erosion in upper Araguaia river basin: distribution, controls, origin and actual dynamic. Revista do Departamento de Geografia, USP. São Paulo.n 17, p. 38-60.

CASTRO, S. S.; XAVIER, L. S.; BARBALHO, M. G. (2004) Atlas geoambiental das nascentes dos rios Araguaia e Araguinha: condicionantes dos processos erosivos lineares. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Goiás, 2004. 75 p.

FRANCO, S. M., (2003). O grande vale do Araguaia: transformações da bacia do Araguaia em Goiás. 2003. 382pp Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, 2003.

KABATA & PENDIAS (2001). Trace elements in soils and plants. Third Edition, CRC Press, NY.

LATRUBESSE E.M; STEVAUX J.C. (2002). 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.; CARVALHO T.M.; STEVAUX J.C. (2005) Mapa Geomorfológico de Goiás e Distrito Federal. Superintendência de Geologia e Mineração – Governo de Goiás, Goiânia – GO. 1:250.000. 2005.

LATRUBESSE, E.M., AMSLER, M.L., MORAIS, R.P., AQUINO, S., (2009) The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River, *Geomorphology* (2009).

LIMA, J.E.F.W.; SANTOS P.M.C.; CARVALHO N.O.; SILVA E.M.DA (2003). Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: ANA; ANEEL. 116 p.

MORAIS R. P. (2002). 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.

MORAIS R. P. (2006). A Planície Aluvial do Médio Araguaia: processos geomorfológicos e suas Implicações Ambientais. Tese de doutorado, CIAMB - Universidade Federal de Goiás, 145p.

STEVAUX, J. C., (1994). The upper Paraná River (Brazil): Geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, v.21:143-161.

VALENTE C. R, (2007) Geotectonic, geologic evolution and regional geomorphology of the Araguaia river basin, Central Brazil. Teses de Doutorado. CIAMB-UFG. 2007. 204 pp.

VIERS J., BARROUX G., PINELLI, M., SEYLER P, DUPRÉ B., RESENDE BOAVENTURA G. (2005), The influence of the Amazonian floodplain ecosystems on the trace element dynamics of the Amazon River mainstem (Brazil) *Science of the Total Environment* 339 (2005) 219– 232p.

## **AMBIENTES SEDIMENTARES DA PLANÍCIE ALUVIAL DO RIO ARAGUAIA**

Maximiliano Bayer (1), Edgardo M. Latrubesse (2)

(1) Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF-IESA).  
Universidade Federal de Goiás

(2) Department of Geography and the Environment  
University of Texas at Austin

### **RESUMO**

A partir do estudo dos materiais que compõem os depósitos fluviais contidos na planície aluvial do rio Araguaia e através do levantamento de perfis sedimentológicos e caracterização de sedimentos recuperados de perfurações feitas na planície com vibracore e trado mecânico, se apresenta uma descrição e classificação dos depósitos fluviais que permite definir diferentes ambientes sedimentares, atuantes na conformação e evolução da planície. A integração desta análise com a corroboração das mudanças morfológicas associadas às novas condições ambientais impostas pelo sistema, numa escala temporal ajustada com produtos cartográficos que cobrem as últimas cinco décadas, visa fornecer suporte as pesquisas que procuram definir a resposta do sistema fluvial diante dos cenários de aceleradas mudanças registradas na Alta e Média Bacia do rio Araguaia.

Palavras-chave: depósitos fluviais, ambientes sedimentares, reconstrução paleoambiental.

### **RESÚMEN**

A partir del estudio de los materiales que componen los diferentes depósitos fluviales contenidos en la planície aluvial del rio Araguaia, a través del análisis y levantamiento de perfiles sedimentológicos y de la caracterización de los sedimentos recuperados de perforaciones realizadas con trado mecánico y Vibracore, se presenta una descripción y clasificación de los sedimentos fluviales que permite definir y caracterizar los diferentes ambientes sedimentarios actuantes en la conformación de la planície aluvial. La integración de este análisis con los cambios morfológicos registrados en el canal, asociados a las nuevas condiciones ambientales impuestas por el sistema y en una escala temporal ajustada con un conjunto de dataciones y con diversos productos cartográficos que cubren las últimas cinco décadas, objetiva definir y caracterizar la respuesta del sistema fluvial ante los acelerados cambios registrados en las áreas de aporte.

Palabras claves: depósitos fluviales, ambientes sedimentarios, reconstrucción paleoambiental.

## 1-INTRODUÇÃO

Os materiais contidos nas planícies fluviais dos sistemas fluviais constituem um extenso banco de dados que refletem as mudanças ambientais, ocorridas nas últimas décadas, séculos ou milhares de anos. Assim, o estudo do registro sedimentar da planície aluvial do rio Araguaia torna-se, portanto, numa importante ferramenta de análise que permite a compreensão das respostas do sistema fluvial às fortes mudanças acontecidas na bacia. Essas informações ainda adquirem uma maior relevância, desde a perspectiva da análise ambiental, nas situações onde as alterações estão associadas ao desenvolvimento de atividades humanas, como por exemplo, profundas alterações na cobertura vegetal por desmatamento e mudanças no uso do solo pelo avanço ou estabelecimento da nova fronteira agrícola.

No caso do Cerrado, o avanço da fronteira agrícola e da pecuária com as decorrentes mudanças nos padrões ambientais e sócio-culturais, tem provocado fortes pressões sobre os recursos naturais, promovendo dentre outros efeitos negativos, impactos de conseqüências diretas e indiretas sobre a dinâmica dos sistemas fluviais, produzindo importantes alterações nos parâmetros hidro-sedimentológicos que os definem.

Estudos detalhados hidro-geomorfológicos ao longo do médio Araguaia têm sido desenvolvidos na última década pela equipe do Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF-IESA-UFG) desde o ponto de início da planície aluvial, em Barra do Garças, até o extremo Sul da Ilha do Bananal (Bayer, 2002, Latrubesse e Stevaux 2002, Latrubesse et al, 2009, Aquino et al, 2008, dentre outros).

Os resultados dessas pesquisas reconhecem que o sistema fluvial do rio Araguaia no seu curso médio tem sofrido importantes mudanças em alguns dos seus parâmetros hidrológicos, como por exemplo, o transporte de carga de fundo arenosa, a qual se incrementou aproximadamente 31 %, passando de 6,6 Mt transportadas anualmente na década de 1960 em Aruanã, a 8,8 Mt no final da década de 1990. O incremento de carga no sistema promoveu a estocagem no canal principal de mais de 230 milhões de toneladas de sedimentos, num trecho de aproximadamente 570 km para este período (Latrubesse, et al 2009).

Assim, como conseqüência do intenso desmatamento na Alta e Média bacia (Morais, 2006, Latrubesse, et al, 2009), esse incremento de carga produziu uma série de ajustes morfológicos no sistema fluvial, refletido na mudança no padrão morfológico do canal onde prevaleceram entre 1968 e 1998 a atuação dos processos deposicionais (Bayer, 2002; Morais 2006; Latrubesse et al, 2009).

Embora os autores anteriormente mencionados tenham identificado que o Araguaia estava submetido a importantes modificações morfológicas no sistema canal-planície aluvial e que o transporte e a acumulação de sedimentos foram notavelmente incrementados nas últimas décadas, não existia um estudo de maior detalhe sobre a tipologia das formas de acumulação, sua arquitetura sedimentar nem a evolução dos ambientes sedimentares diante as mudanças.

Visando caracterizar/estabelecer a resposta morfosedimentar do sistema canal-planície aluvial diante das mudanças reconhecidas na bacia, no desenvolvimento desta pesquisa escolheu-se trabalhar com o conceito de “ambiente sedimentar”. (Miall, A. 1977, 1985, Allen, 1985), definido como um determinado local geográfico caracterizado por uma particular combinação de condições ambientais, geradas pela atuação de processos agradacionais (geológicos, geomorfológicos, sedimentares, geoquímicos, biológicos, etc).

Estes ambientes sedimentares estão em permanente evolução, e são condicionados, no caso do sistema fluvial, principalmente pelas condições hidrodinâmicas do sistema e pelo tipo e volume da carga sedimentar transportada.

Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os diferentes ambientes sedimentares reconhecidos na planície aluvial do Araguaia, fazendo ênfase na evolução morfológica do canal e na caracterização e análise sedimentar dos depósitos fluviais. As interpretações foram complementadas com um conjunto de informações e dados “multidisciplinares” acerca de algumas das características ambientais dos depósitos gerados nos distintos ambientes sedimentares.

A determinação do conteúdo de carbono total nas amostras coletadas e a determinação da relação dentre os isótopos do carbono presentes nos solos da planície ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  e  $^{14}\text{C}$ ) além de um conjunto de datações cronológicas que fornecem o recorte temporal, permitiram reconstruir as condições geradoras dos depósitos e avaliar assim, a resposta do sistema ante o cenário atual de fortes mudanças.

Esses dados representam uma fonte de informação útil e necessária a uma ampla variedade de disciplinas, pois a planície aluvial sustenta um variado e complexo mosaico de subunidades ambientais de significância ecológica transcendente. Cabe destacar além, que a planície aluvial do Araguaia atua como uma das últimas fronteiras ambientais remanescentes, sustentando uma das maiores áreas úmidas (wetlands) do bioma Cerrado (Latrubesse e Stevaux, 2006), caracterizada por uma alta e exuberante biodiversidade, além da sua particularidade de ser um dos poucos sistemas fluviais preservados de intervenções humanas maiores como barragem, canalizações ou hidrovias.



## 2- MATERIAIS E METODOS

Os materiais que compõem os depósitos fluviais da planície aluvial do rio Araguaia foram classificados em grupos, determinados fundamentalmente pelas suas propriedades físicas e o seu arranjo espacial (**Anexo I-TABELA 1**). A unidade básica de análise “fácies sedimentar” é definida basicamente como uma unidade de sedimentos uniformes, que reflete similares condições de deposição.

Como uma fácies sedimentar resulta de um processo sedimentar, a maior parte das fácies sedimentares podem apresentar uma interpretação ambiental ambígua, de acordo a que determinados processos podem ocorrer em mais de um ambiente sedimentar. Sendo assim, para a interpretação e reconstrução ambiental dos depósitos da planície foi definido um conjunto de associações de fácies sedimentares (**Anexo I-TABELA 2**), as quais refletem a atuação de um conjunto de processos sedimentares que permitem a caracterização de um determinado ambiente sedimentar. Conceitos/critérios mais modernos como os de arquitetura fluvial e reconstrução ambiental (Allen, 1985) foram aplicados permitindo classificar e ordenar os diferentes corpos sedimentares num contexto espacial e temporal definido pelas relações de sobreposição e pelas datações cronológicas.

Assim, a interpretação morfogenética das condições operantes no momento da deposição, nos diferentes ambientes da planície, foi feita primeiramente a partir das características geométricas e propriedades físicas dos materiais atuais contidos na planície. A informação extraída dos numerosos perfis sedimentológicos levantados nas margens do canal principal do rio, foi complementada com amostras coletadas de perfurações e testemunhos indeformados obtidos através do uso de vibracore e trado mecânico em diversos ambientes da planície.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Geologia e Geografia Física (LABOGEF), determinando-se algumas das propriedades físicas dos sedimentos (cor, granulometria, texturas e estruturas sedimentares). As frações mais finas foram analisadas e classificadas com ajuda do Granulômetro Laser. Aspectos morfométricos do canal foram determinados a partir do uso de ecossonda (FURUNO), ADCP, acoplados a sistemas de posicionamento global (GPS) e interfaces gráficas.

O conteúdo de carbono total nos depósitos superficiais gerados nos diferentes ambientes, e as relações entre os diferentes isótopos ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ), resultado dos diferentes ciclos fotossintéticos da vegetação original, foi determinado em 40 amostras coletadas de quatro perfurações da planície aluvial, no Centro de Estudos Nucleares para a Agricultura (CENA-USP). Essas pequenas variações isotópicas, (a razão  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) da matéria orgânica do

solo (MOS) foram determinadas a partir de análises em amostras gasosas em espectrômetro de massa equipado com três coletores.

### **3- ÁREA DE ESTUDO:**

As nascentes do Araguaia estão situadas nas escarpas da Serra dos Caiapós, a 850 metros de altura. A alta bacia é litologicamente dominada por rochas da Bacia Sedimentar Paleozóica (Formação Furnas e Ponta Grossa, dentre outras) coberto pelos arenitos mesozóicos das Formações Botocatu e Baurú e pelo basalto da Formação Serra Geral. Estas litologias são afetadas estruturalmente por uma tectônica de blocos limitados por falhas de direção NW-SE e NE-SW, (Valente, 2007).

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 precipitações anuais entre 1300 mm y 1800 mm, as quais se distribuem em forma decrescente de Norte a Sul, desde a foz até as cabeceiras do sistema,

O rio Araguaia tem sido dividido em alto, meio e baixo curso a partir das características geomorfológicas e do comportamento hidrológico (Latrubesse e Stevaux 2002, Aquino, 2006). O curso alto drena ~36.000 km<sup>2</sup> desde as cabeceiras até Registro do Araguaia. O médio curso estende-se por 1.160 km, desde Barra do Garças até Conceição do Araguaia (FIG-1), em tanto o baixo Araguaia que não possui uma planície bem desenvolvida, drena áreas rochosas desde Conceição do Araguaia até a foz por mas de 150 km até o encontro com o rio Tocantins.

No trecho goiano, o rio Araguaia aumenta consideravelmente sua área de drenagem, como consequência da entrada de importantes tributários: o rio das Mortes, rio Vermelho, rio Crixás, entre outros, alcançando uma área aproximada de 85.000 km<sup>2</sup>.

O curso médio, onde se desenvolve uma ampla planície aluvial, representa o arquivo sedimentar do sistema fluvial. O conjunto de dados e informações recolhidas neste trabalho detalha as características de um segmento da planície de aproximadamente 350 km de comprimento, localizado no trecho Médio Superior (FIG-1).

Nesse trecho a planície aluvial se apresenta como uma fita contínua, “encaixada” nos sedimentos Plio-Pleistocênicos da Formação Araguaia, a qual é formada por sedimentos aluviais areno-conglomeráticos, arenosos e silto-argilosos parcialmente ferruginizados (Valente, 2007).

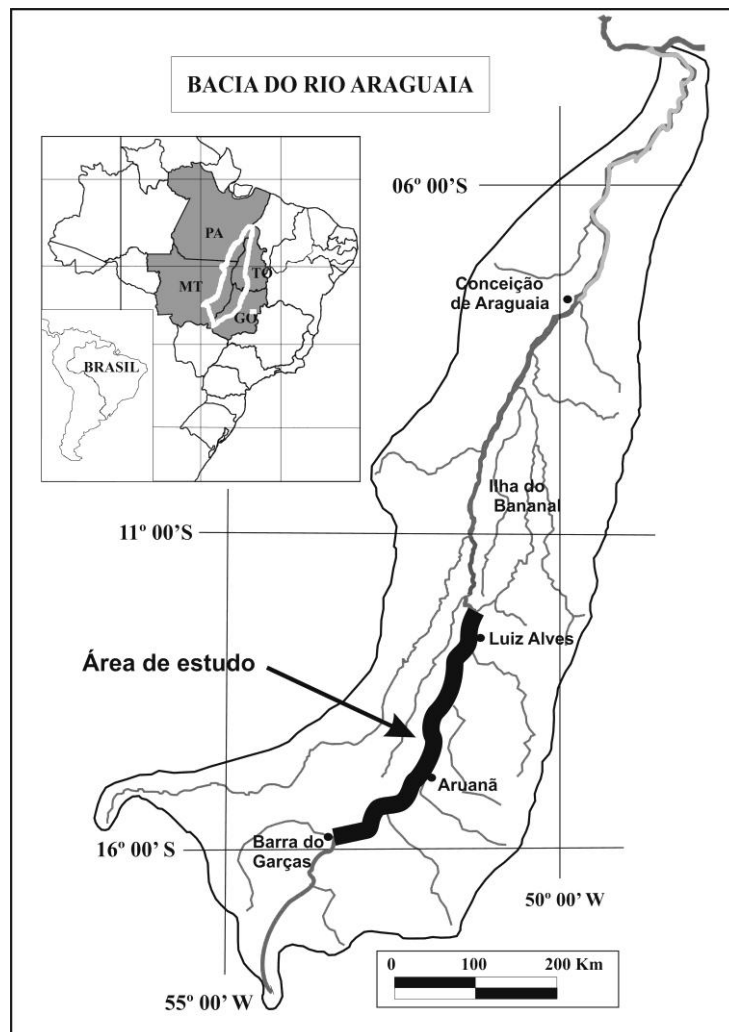


FIGURA 1: Localização da área de estudo na bacia do Rio Araguaia.

Na localidade de Aruanã, ponto central da área de estudo, o rio Araguaia coleta aproximadamente uma superfície de 50.000 km<sup>2</sup> e conflui com a bacia do rio Vermelho (10.870 km<sup>2</sup>) gerando uma vazão média anual de 1173 m<sup>3</sup>/s (para o período de 1974 – 1998). O maior valor se deu em 1980, quando foi registrada na estação Fluviométrica Aruanã (ANA-CPRM), uma vazão de 8374 m<sup>3</sup>/s em 17/02/1980 (Aquino, 2006).

O padrão de canal do médio Araguaia tem sido definido como anabranching de baixa sinuosidade com tendência ao entrelaçamento (braided) (Latrubesse, et al 2009). O padrão anabranching é imposto pela presença de ilhas cobertas pela vegetação que atuam como verdadeiros “separadores” entre o canal principal de primeira ordem e braços secundários de distintas hierarquias. Embora possam ser cobertas pelas águas de inundação, as ilhas separam canais que mantêm uma independência ou identidade hidráulica-hidrológica, ainda quando o rio se encontra em estágios hidrológicos maiores que o de margens plenas (bankfull).

### 3.1- A planície aluvial do rio Araguaia

A largura da planície aluvial varia entre 3 e 6 km, com “nós” ou “pontos de estrangulamento”, onde sua expressão se reduz a umas poucas centenas de metros. Conforma uma superfície relativamente plana que suporta um complexo mosaico de morfologias fluviais que representam sucessivos estágios evolutivos do sistema canal-planície de inundação, acontecidos nos últimos milhares de anos.

Na área de estudo a planície aluvial do rio Araguaia, está conformada por três unidades morfosedimentares, constituídas por sedimentos do Holoceno e do Pleistoceno tardio definidas como: I - planície de drenagem impedido, II - planície de paleomeandros e III - planície de acreção de barras e ilhas (FIG-2).

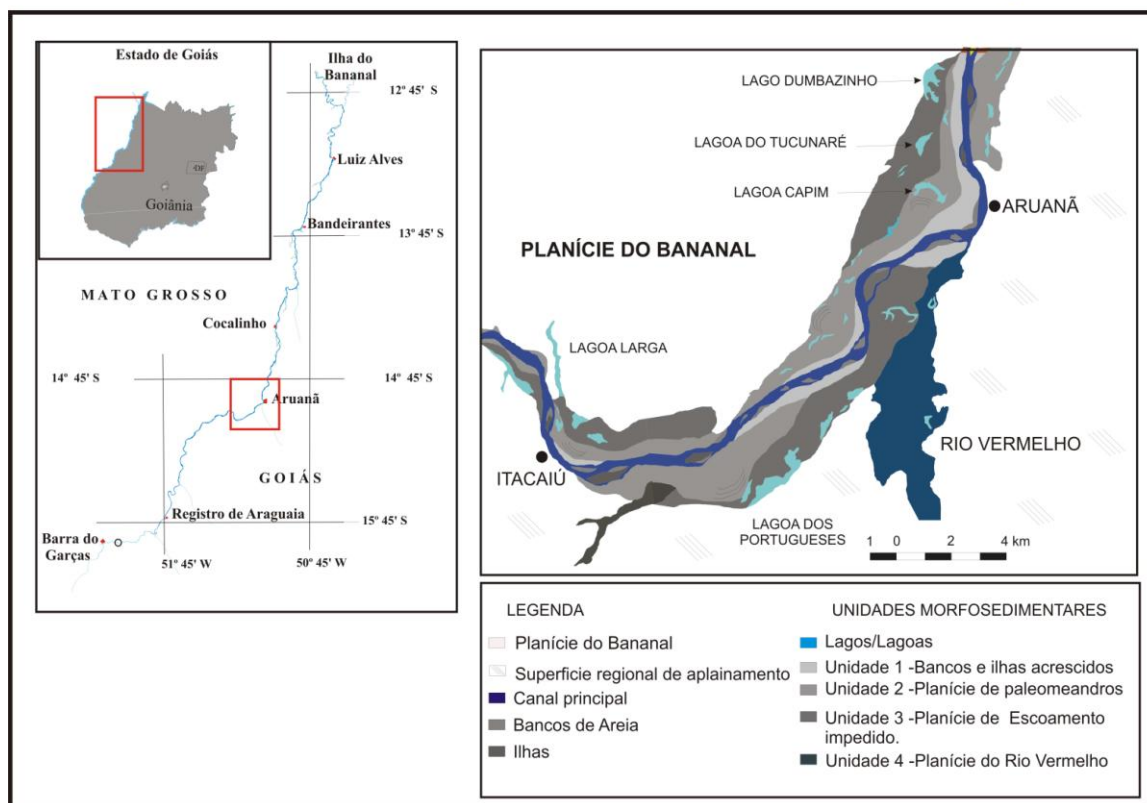


FIGURA 2: Unidades Morfosedimentares da planície aluvial do rio Araguaia.

#### UNIDADE I- Planície com escoamento impedido .

Esta unidade de grande expressão em tudo o trecho analisado, aparece em ambas as margens como faixas descontínuas, ocupando os setores externos, as bordas da planície aluvial, distante da influencia direta do canal principal. De acordo a sua posição e a relação espacial que apresenta com os outros elementos constituintes da planície se pode considerar a esta unidade como a mais antiga das unidades reconhecidas (Bayer, 2002).

Conforma uma área aplanada, ocupando uma posição topográfica mais baixa que as demais unidades da planície. Está caracterizada pela grande quantidade de lagoas, pântanos e canais menores. Os canais menores são ativos somente durante o período de águas altas e geralmente permanecem desconectados do canal principal e lagoas interiores durante o resto do ano.

#### UNIDADE II- Planície dominada por Paleomeandros

Esta unidade ocupa na maior parte das ocorrências uma posição intermédia entre a planície de bancos e ilhas acrescidas e a planície com escoamento impedido. Desta maneira se comporta como uma “divisória ou barreira” entre os depósitos arenosos e de alta energia associados a dinâmica do canal principal e os depósitos mais finos (silte e argila) de inundação, gerados na decantação dos sedimentos em áreas distantes do canal principal pela diminuição da energia do fluxo.

Esta unidade apresenta uma grande quantidade de lagoas isoladas semicirculares e subredondeadas, produto da atividade de paleomeandros, a superfície está caracterizada pela predominância pelo alinhamento paralelo de crestas e depressões curvas e de escassa profundidade, geradas pela migração da posição dos point bar nas curvas do canal.

Assim, as Unidades I e II representam sedimentos e morfologias antigas que denotam a evolução das condições paleoclimáticas e paleoambientais da bacia. Datações (C-14 e OSL/TL) em sedimentos fluviais atribuídos a essas Unidades determinam na área do estudo uma idade entre 17.000 BP e 4.000 AP.

#### UNIDADE III- Planície de bancos e ilhas acrescidas

A Unidade III, (Planície de bancos e ilhas acrescidas) pode ser considerada como uma representação das condições “ambientais” atualmente operantes e dominantes na bacia.

Trata-se de uma superfície irregular, suavemente ondulada, com escassos ressaltos topográficos, mas o menos estreita que acompanha ao canal na maior parte do seu recorrido. Esta faixa alongada e permanentemente modificada por processos de erosão e sedimentação. Os bancos arenosos, freqüentemente de forma elipsoidal, depositados durante a fase final de cada ciclo de águas altas, se anexam lateralmente conformando uma superfície o plataforma arenosa periodicamente inundável.

A dinâmica sedimentar desta Unidade mostra uma relação direta com o ciclo hidrológico anual. Essa unidade (Planície de bancos acrescidos) começa a ficar coberta por água quando o rio atinge a cota 3,8 m (70 % do ciclo anual) na régua da estação Fluviométrica Aruanã. A partir desse momento e até alcançar a cota de 5,8 m, (5 %) a planície aluvial é periodicamente afetada

pelos processos de inundação, primeiramente nas áreas topográficas mais baixas da planície de escoamento impedido até alcançar a planície de paleomeandros nos períodos de máximas enchentes (FIG-3).

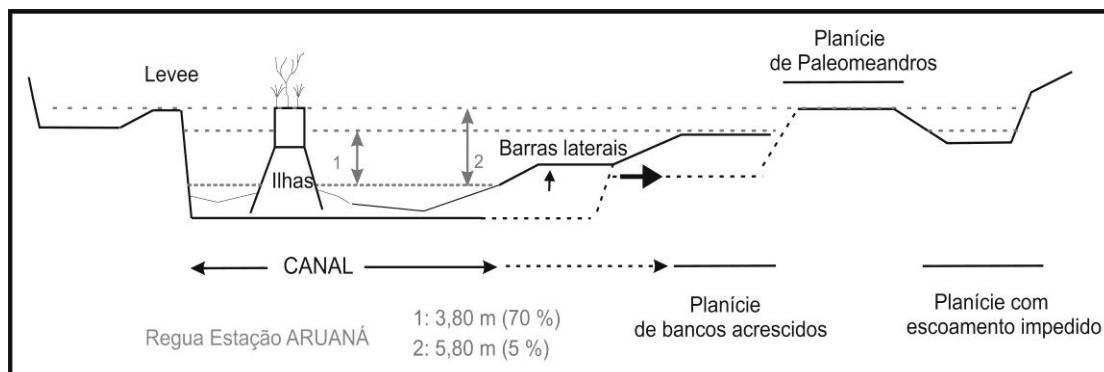


FIGURA 3: Esquema da posição topográficas das Unidades da planície e a incidência anual das enchentes.

É nesta unidade, conformada pela acresção lateral de bancos e ilhas a planície, onde se refletem com maior intensidade as repostas morfosedimentares às mudança dos processos hidro-sedimentológicos provocadas pelos impactos antrópicos sofridos pela bacia.

Essa faixa alongada, paralela ao canal principal, descontínua e associada diretamente às influências do regime hidrológico do canal é formada predominantemente por sedimentos arenosos de diversas granulometrias, extremamente erodíveis que predispõem essas margens ao intenso retrabalhamento de materiais.

#### 4- RESULTADOS

##### I-AMBIENTES SEDIMENTARES ASSOCIADOS AO CANAL PRINCIPAL

Na área de estudo o canal do Araguaia mostra uma largura média de 400 m que se estende até 700 m quando apresenta braços ou canais secundários. Durante os períodos com cotas próximas á vazão média anual, em geral o rio não supera os 4 m de profundidade.

Nesse contexto foram identificados quatro diferentes subambientes associados ao canal principal do rio Araguaia, os quais revelam as condições ambientais operantes nos distintos setores do canal e na planície aluvial proximal. Além disso, foram definidos vários sub-ambientes caracterizados pela acresção vertical de sedimentos finos (siltes e argilas), em setores distantes das incidências dos fluxos do canal principal (FIG-4)

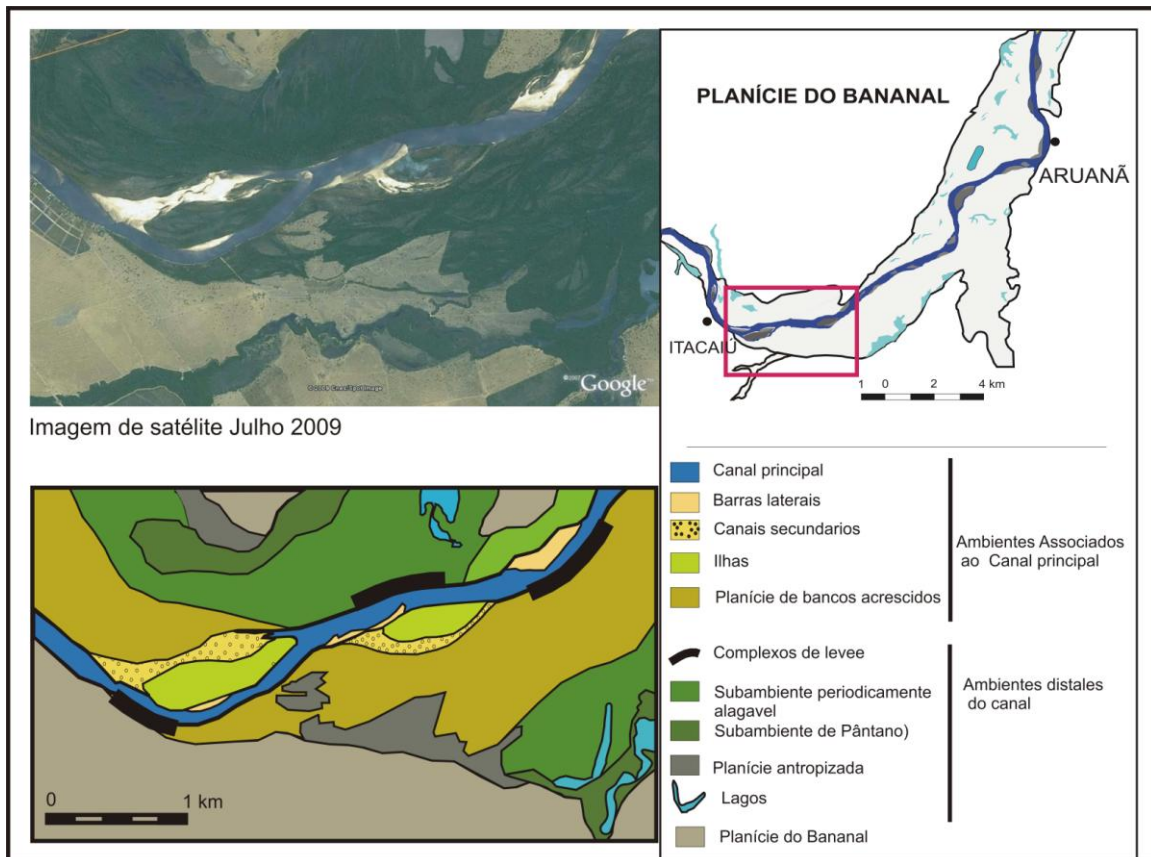


FIGURA 4. Ambientes sedimentares da planície aluvial do Araguaia.

De forma geral, o conteúdo de carbono nos depósitos superficiais da planície mostra uma relação direta com a composição vegetal e com a granulometria dos depósitos. Em geral esses depósitos são pobres em nutrientes devido a que se desenvolvem sobre sedimentos fluviais arenosos super-maduros, pelo que o conteúdo de matéria orgânica do solo, só nos ambientes de pântano superam valores de 1 %.

### Subambiente de canal principal

No subambiente de canal principal se registra o acúmulo de importantes volumes de areias grossas a muito grossas incluso com seixos de até 2 a 3 cm de diâmetro, mais as granulometrias dominantes são as areias de tamanho médio. Os depósitos resultantes neste subambiente estão vinculados geneticamente a processos atuantes com profundidades maiores a 2,5 metros, em condições permanentes de alto regime de fluxo e estão representadas por duas associações de fácies.

A base destes depósitos, que fica coberta ainda no período de águas baixas, esta conformada por formas de fundo conformadas por seixos e areias grossas (**Gm, Gms**) que só se movimentam durante os picos de enchente, provocando nesses casos a migração do talvegue. Conformam depósitos extensos, com uma espessura que pode alcançar vários metros e que

conformam uma espécie de plataforma que normalmente constituem o núcleo das ilhas ou a base por donde se movimentam importantes volumes de areias.

A parte superior da seqüência é constituída pelos depósitos dos bancos centrais que ficam emersos durante o período da seca. A associação de fácies esta dominada por gravas massivas na base (**Gm**), e complexos sets de areias com estratificação cruzada planar (**Sp**), acanalada (**St**) e horizontal **Sh**, em um arranjo grano-estrato decrescente. O mecanismo gerador dos depósitos se relaciona ao deslocamento e migração de dunas e mega-ondulas através da evolução a jusante do frente de avanço, devido a avalanches dos materiais ao superar o angulo crítico de repouso.

Conformam assim, estratos com estruturas cruzadas que mergulham no mesmo sentido das superfícies que limitam o conjunto (sets), indicando que essas dunas sobrepostas se deslocam paralelamente ao sentido de migração da forma de leito principal. Estes depósitos de centro do canal alcançam entre 0,8 a 1,3 metros de altura, e apresentam uma alta instabilidade, podendo migrar águas abaixo a velocidade de até 7-8 m/día (Bayer M., 2002, Latrubesse et al, 2009).

Na temporada seca, esses depósitos de centro de canal ficam emersos e apresentam em planta uma morfologia geralmente elipsoidal, e uma relação entre a largura e o comprimento de 3:1 ou 4:1. O extremo situado águas acima geralmente apresenta abruptos bordes erosivos originando paredes verticais com alturas de 2 a 4 mts sobre o nível mínimo do canal, deixando descoberto a complexa arquitetura destes depósitos arenosos.

Nos casos mais evoluídos esses bancos centrais se estabilizam, conformando ilhas que freiam e alteram o sentido dos fluxos e promovem o crescimento a montante destas geoformas.

### **Subambiente de canais secundários**

Provavelmente os canais secundários constituem os subambientes mais dinâmicos da planície sendo os que sofrem mais fortemente as mudanças relacionadas com a atuação de processos deposicionais como resposta ao excesso da carga transportada.

A notável redução no número de ilhas no canal do rio Araguaia relatadas em diversas pesquisas é uma evidência direta da rápida evolução e desaparecimento destes subambientes, e da mudança irreversível do padrão morfológico do canal, devido a escassa possibilidade, nas condições atuais, de se gerar novos canais secundários.





FIGURA 5: Canal secundário em fase avançada de assoreamento com fácies arenosas de alta energia.

Nas margens destes canais menores fica exposta a sucessão de processos de acreção lateral, ainda que nos setores centrais (FIG-5) fiquem preservadas estruturas sedimentares, materiais grosseiros e grande quantidade de restos vegetais que só podem ser remobilizados durante o pico máximo das enchentes, associados à processos hídricos “subaqueos” de alta energia.

A composição dos depósitos mostra uma sucessão de materiais de tamanho e espessuras decrescentes, intensamente modificados pela atuação de processos sedimentares atuais. As fácies reconhecidas nestes depósitos representam o predomínio de materiais arenosos com estruturas sedimentares que refletem uma paulatina perda de energia.

### **Subambiente de bancos laterais**

O talvegue sinuoso favorece o desenvolvimento de barras laterais dispostas alternadamente nas margens do canal (FIG-6). Os bancos de areia laterais apresentam uma topografia plana relativamente uniforme, com suaves ondulações, e declividades baixas orientadas na direção do centro do canal.

O arranjo interno dos materiais mostra predominância de sedimentos arenosos, depositados por processos de acreção lateral, criando uma superposição de seqüências grano decrescente (*finning upward*), onde podem-se distinguir vários pulsos de reativação e estruturas sedimentares de baixo ângulo que mostram a evolução (migração) destas geofomas em sentido transversal ao eixo do rio.



FIGURA 6: Bancos laterais de areias, cortados por canais menores (Chutte channel). (Imagem de satélite Julho 2008).

Esses depósitos estão compostos principalmente por areia grossa a média, com intercalações delgadas de materiais mais finos. (**Sr, Sh, Smo, Fmo**) e a presença de acumulações isoladas de seixos (**Gs**).

As dimensões destas barras laterais geralmente estão na ordem da centena de metros, mas em muitos casos estes depósitos fundem-se formando complexos de bancos acrescidos de dimensões ainda maiores. Logo do pico das enchentes, e durante um breve período de tempo, na parte superior dos bancos de areias se desenvolvem pequenos canais, pouco profundos (*Chutte channel*), que remobilizam os materiais superficiais, modificando a topografia original (FIG-6), e gerando setores deprimidos onde se depositam materiais finos e grande quantidade de matéria orgânica, uma vez inativos, a rápida sucessão vegetal se estabelece contribuindo à temporária estabilização dos depósitos.

Conformada pela associação de fácies **Smo, Sr, Sh, Sm e Fm e Fmo**, a seqüência superior destes depósitos reflete marcadas alterações cíclicas nas condições de deposição, como intervalos periódicos de exposição aérea que

promove a atuação de processos de oxidação e bioturbação devido ao estabelecimento de colônias de vegetação primária.

### **Subambiente de bancos centrais e Ilhas**

Como foi mencionado previamente, a presença de ilhas no canal do rio Araguaia esta associada à continuidade do processo sedimentar que gera primeiramente barras arenosas de centro de canal, como consequência de fatores hidrodinâmicos que promovem uma expansão e desaceleração dos fluxos, perda de capacidade de transporte e a acumulação de materiais grosseiros.

Assim, as ilhas e barras de areia em processo de estabilização geralmente estão sustentadas por uma plataforma arenosa relacionada ao estabelecimento original de barras de areia do centro do canal. Sobre esta plataforma arenosa mecanismos de acresção lateral nas bordas (lateral accretion) e no extremo a montante (upstreams accretion), promovem o crescimento destes elementos do canal (FIG-7).



FIGURA 7: Ilha Mata Coral, Trecho Superior do Médio Araguaia. Detalhe da acumulação de depósitos arenosos no extremo a montante e nos laterais da ilha.

Segundo os registros da última década, a morfologia de muitas das ilhas estabilizadas mostra uma forte tendência de crescimento a montante pela acresção e acumulação de barras centrais na frente da ilha, dessa forma o padrão romboidal, predominante nos registros do século passado, se modifica paulatinamente adquirindo uma forma mais alongada, o que favorece na continuidade do processo, a sedimentação nas laterais (lateral accretions) e o assoreamento destes canais secundários.

## **II- AMBIENTES DISTANTES DO CANAL PRINCIPAL**

Os sedimentos depositados na planície, em áreas distantes dos fluxos principais, foram descritos por Miall (1985) como depósitos de “overbanks” e considerados como resultantes de um só ambiente deposicional. No entanto, no desenvolvimento atual da pesquisa, estes depósitos que apresentam uma variada composição e arquitetura sedimentar, são interpretados e associados a diferentes ambientes de formação.

Pode-se reconhecer, de forma geral nestes ambientes, a prevalência de materiais das frações mais finas, depositados por processos sedimentares de acresção vertical, ligados à condições de baixa energia em setores mais distantes dos fluxos principais.

O Araguaia transporta uma proporção relativamente baixa de sedimentos em suspensão (silte e argila) em relação a carga de fundo. Na estação Aruanã o rio transporta uma carga em suspensão (wash load) média anual de 7,2 Mt/ano em relação á média de 8,5 Mt/ano de sedimentos arenosos transportados como carga de fundo. Portanto a disponibilidade de transferência de sedimentos finos para a planície aluvial é bastante limitada.

A topografia original e a composição dos depósitos que constituem as unidades morfosedimentares antigas (Unidade I e II) determinam a influência periódica do ciclo hidrológico nos diferentes ambientes sedimentares da planície. Essa heterogeneidade favorece a constituição de um importante número de ecossistemas e habitats associados, que determinam dentre outras, as características e distribuição da cobertura vegetal na planície aluvial. Diversas unidades morfovegetacionais que vão do porte arbóreo ao herbáceo se relacionam com os mosaicos morfo-sedimentares da planície aluvial.

Assim, os processos sedimentares operantes nestes setores da planície aluvial, embora muito lentos e inexpressivos, quando comparado com os que ocorrem nos ambientes de canal, conferem a estes setores uma dinâmica sedimentar muito particular, com períodos de atividade limitada pelas características do ciclo hidrológico.

De fato, sendo que as concentrações da carga suspensa estabelecidos nesta pesquisa variam entre um mínimo de 21,7 mg/l a um máximo de 181,4 mg/l durante os ciclos de águas altas, a maior transferência de sedimentos desde o canal se produz durante o período de cheias, no momento quando se combinam as maiores concentrações de sedimentos com os maiores volumes de águas transferidos para a planície aluvial.

### **Subambiente de diques marginais**

Os diques marginais ou “leaves” são típicas geomorfomas alongadas e estreitas que se geram lateralmente nas margens dos canais por acresção sedimentar vertical durante as fazes de inundação. Porém, embora a sedimentação vertical seja o processo tipicamente descrito na geração destes diques marginais e o maior ou menor desenvolvimento vertical destas geomorfomas também está relacionado ao grau de estabilidade ou de migração do canal gerador. Ou seja, para as mesmas condições hidrológicas, o setor do rio que tenha maior atividade de migração lateral, terá menor possibilidade de gerar *leaves* com uma altura de acordo com as cotas das máximas cheias, enquanto o máximo desenvolvimento vertical vai ser registrado nos segmentos mais estáveis.

As fácies mais características dos depósitos de diques marginais são **Fl**, **Fmo**, e em menor proporção **Sm** e **Sh**. Assim, os sedimentos originados neste ambiente mostram particularmente depósitos laminados gerando corpos delgados de forma tabular de poucos centímetros e constituídos por intercalações de areias finas a médias e pacotes espessos de material mais fino, de cor escura finamente laminado ou maciços pela atividade de processo de bioturbação, conformando seqüências de até 2 m de altura (FIG-8).

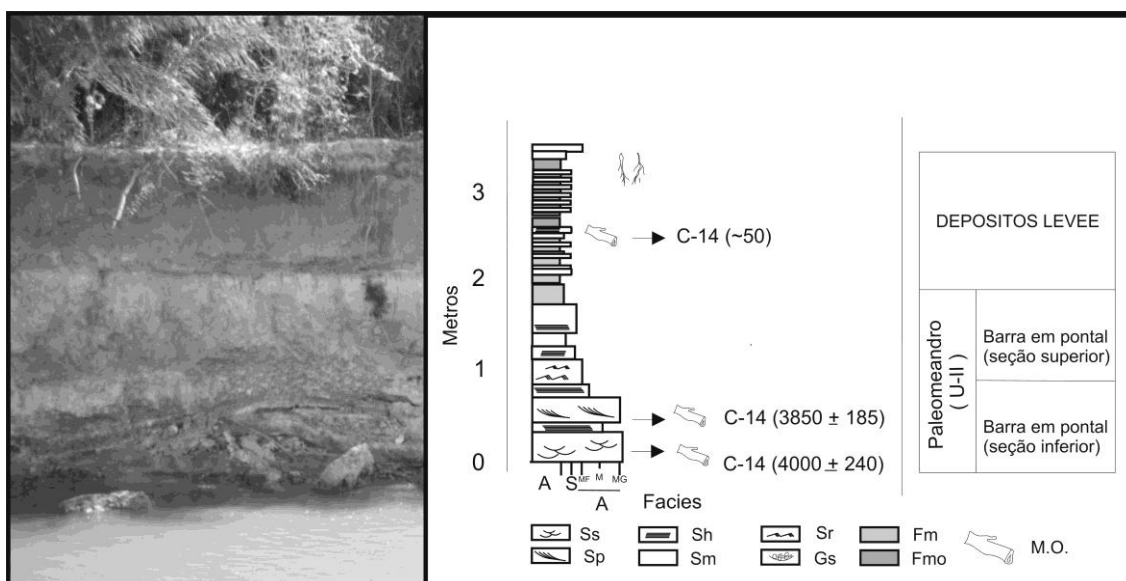


FIGURA 8. Depósitos de Diques marginais “Levee”. Perfil sedimentológicos, datações cronológicas e reconstrução de ambientes sedimentares.

Os depósitos gerados neste subambientes são estreitos e alongados, descontínuos, paralelos as margens do canal principal. Quando preservados sob margens erosivas do canal, (FIG-8) esses depósitos ficam expostos, conformando a seqüência superior dos perfis que alcançam alturas de até 3 a 4 m com respeito ao nível do rio em períodos de águas baixas. No trecho estudado estes subambientes estão escassamente representados e muito descontínuos.

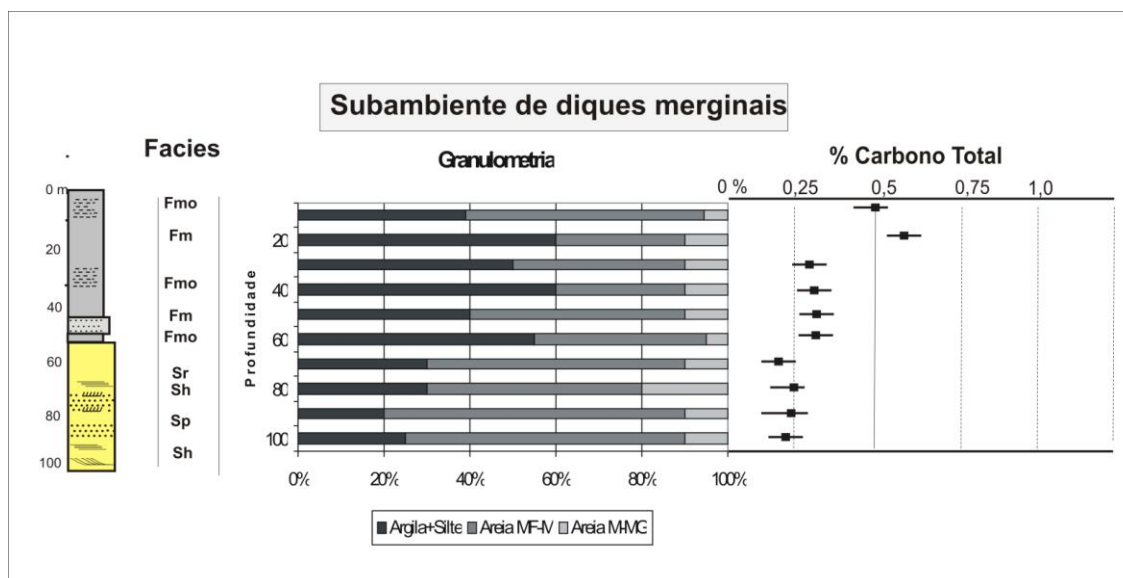


Figura 9: Perfis sedimentológicos do material superficial da planície aluvial do rio Araguaia. Detalhes das associações de fácies, granulometria e conteúdo de Carbono Total, no subambiente de diques marginais.

A base destes depósitos ao ficar exposta mostra em muitos casos a sua sobre imposição a uma espessa plataforma arenosa, outrora centro do canal, conformada por associações de fácies que permitem inferir um ambiente deposicional associado a um padrão antigo de tipo meandriforme.

#### **Sub-ambiente de planície periodicamente inundável (com baixas taxas de acreção vertical).**

Este subambiente representa os setores mais estáveis, do ponto de vista geomorfológico, da planície aluvial. Coberta por uma vegetação de grande porte e adaptada a uma dinâmica cíclica das enchentes, a sua superfície se caracteriza topograficamente pela presença de suaves cristas associadas a antigas posições do canal principal e particularmente a complexos de espirais de meandros, testemunhas da complexa evolução da planície aluvial.

Este sub-ambiente está caracterizado por depósitos delgados e contínuos conformados pela associação das fácies, **Fm, Fmo e (Sh)**. Ocupa, na maior parte das ocorrências, uma posição intermediária entre os bancos acrescidos e os depósitos de *levee* da margem do canal e os ambientes de pântanos e lagos, recostados geralmente sobre as bordas externas da planície.

Os materiais originados neste ambiente possuem um alto grau de coesão, de modo que promovem a construção de margens relativamente estáveis. O conteúdo de matéria orgânica favorece que a vegetação rapidamente se instale sobre estes depósitos promovendo a sua fixação e aumentando a sua estabilidade.

## Subambiente de pântano

Este sub-ambiente de grande expressão em todo o trecho analisado, se apresenta em ambas margens do rio Araguaia, como grandes faixas descontínuas, ocupando em todos os casos uma posição externa na planície, distante da influência direta do canal principal. O importante conteúdo de carbono total (> de 1 %) nas amostras superficiais (Figura 9) estabelece uma relação direta com a espessa cobertura vegetal que caracteriza esse subambiente.

A associação de fácies que caracterizamos depósitos gerados no subambiente de pântano foi determinada a partir da análises de testemunhas obtidas em perfurações da planície aluvial do rio Araguaia.

Conformadas pela acumulação dos materiais mais finos (**Fmo, Fl, Fmao**) esses pacotes espessos de argila maciça, e delgadas laminações de silte a areia muito fina, mostram em muitos casos incipientes processos pós deposicionais, como a formação de mosqueados pela presença de núcleos de oxidação, importantes processos de bioturbação e estruturas de deformação.

Os mecanismos deposicionais estão caracterizados pela predominância de processo de acreção vertical, a partir da decantação dos materiais finos transportados em suspensão. Esta sedimentação provoca a diminuição dos ressaltos do relevo local ao encher lagoas e pântanos e outras áreas baixas da planície, como canais secundários que podem estar conectadas temporariamente ao canal principal.

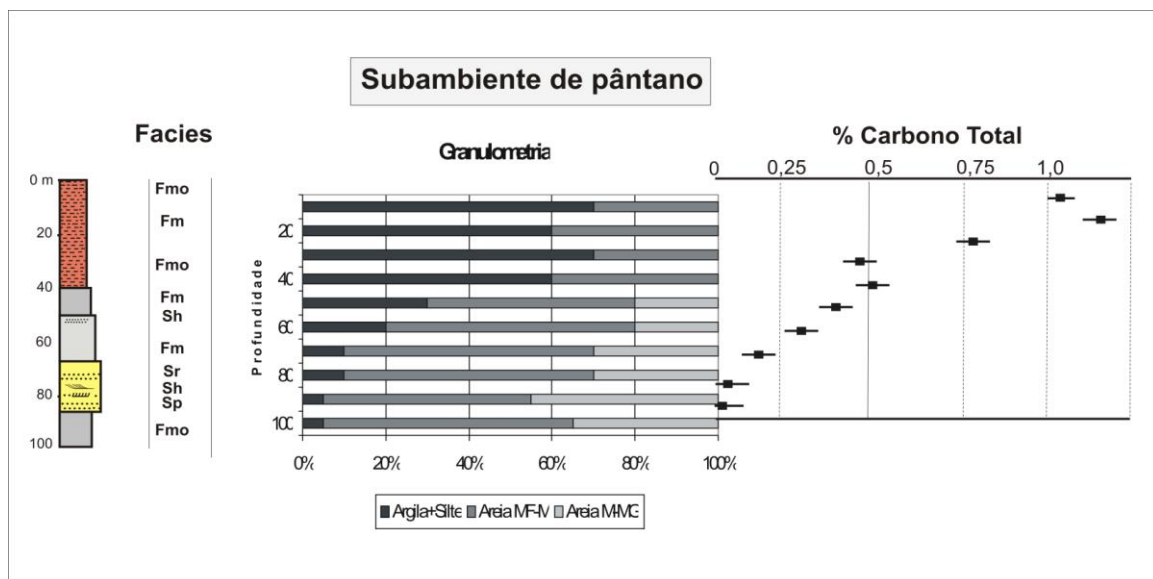


FIGURA 10: Perfis sedimentológicos do material superficial do subambiente de pântano. Detalhes das associações de fácies, granulometria e conteúdo de Carbono Total.

## CONCLUSÕES

O sistema fluvial do rio Araguaia, no seu trecho médio, desenvolve uma planície aluvial que representa uma das maiores áreas de armazenagem de sedimentos do Cerrado, funcionando como tal ao menos durante os últimos milhares de anos.

Esta complexa área “agradacional” está conformada por um conjunto de morfologias fluviais remanescentes que refletem importantes mudanças nas condições passadas e por um importante volume de material predominantemente arenoso que estabelecido às margens do canal conforma uma espécie de faixa estreita paralela ao canal em permanente evolução (Planície de bancos acrescidos e ilhas).

Esta unidade morfo-sedimentar de recente conformação atua como a maior receptora e distribuidora da carga sedimentar transportada pelo rio Araguaia, registrando as maiores e mais importantes mudanças morfológicas reconhecidas nas últimas décadas em resposta ao tremendo desmatamento/mudanças no uso da terra que tem sofrido a bacia.

Dentro desta perspectiva foram identificados, descritos e classificados os distintos ambientes e subambientes de sedimentação reconhecidos na planície aluvial do rio Araguaia.

Esses ambientes deposicionais/sedimentares que são definidos principalmente pelas condições hidrodinâmicas operantes nos distintos trechos do canal e pelo suprimento de materiais mostram uma rápida evolução, gerando depósitos que caracterizam geoformas fluviais móveis e instáveis, fortemente ligadas ao regime hidrológico anual e as características da carga transportada, particularmente a grande disponibilidade de materiais arenosos no sistema.

Assim, podemos concluir que as mudanças induzidas sobre as variáveis hidro-sedimentológicas do sistema tem colocado ao complexo “canal-planície de inundação” sob uma fase de ativa sedimentação, continuando a armazenar materiais predominantemente arenosos. A rápida resposta do sistema fica refletida nas tendências morfológicas como por exemplo à retificação e manutenção de um único canal a partir do desaparecimento de ilhas por assoreamento dos canais secundários.

Esses processos sedimentares “naturais” que modificam fortemente a unidades de bancos e ilhas acrescidas, mostram uma atuação “acelerada” a partir dos diferentes mecanismos de construção/destruição da planície,



alterando rapidamente as condições naturais dos diferentes setores do canal principal assim como os subambientes associados, com fortes conseqüências sob a distribuição e heterogeneidade dos habitats .

## **BIBLIOGRAFIA**

Allen, P. (1985) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, 37–82.

Aquino S.S. (2002) Regime hidrológico e comportamento Morfohidráulico do rio Araguaia. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Maringá. Maringá PR 2002.

Aquino, S, Latrubesse, E. (2005). Características Hidrológicas e Aspectos morfo-hidráulicos do Rio Araguaia, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7 (1), 99-111.

Aquino, S., Latrubesse, E. and Souza, E. (2008). O Regime hidrológico do Rio Araguaia: sua caracterização, importância e particularidades para a manutenção dos principais sistemas aquáticos do Brasil Central. *Acta Scientiarum*, V.30, n4, 361-369

Bayer, M. (2002). 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.

Castro, S. S., Campos, B. A., Oliveira, C. J. & Silva, A. A., (1999), The Upper Araguaia Basin and The Effects of Human-Induced Erosion. *Boletim .Goiano de Geografia*, v. 19, n.1, p. 128 – 139.

Castro, S.S. de (2005). Water erosion in upper Araguaia river basin: distribution, controls, origin and actual dynamic. *Revista do Departamento de Geografia, USP* n. 17, p. 38-60.

Latrubesse, E.M.; Stevaux, J. C.; Bayer, M.; Prado, R. (1999) The Araguaia-Tocantins fluvial basin. In: *International Symposium of Geomorphology and paleohydrology of large rivers-GLOCOPH/IAG*. Goiânia: Editora da UFG, p. 148-151.

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

Latrubesse, E. and Stevaux, J.C. (2006). Características físico-bióticas e problemas ambientais associados à planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil central. *Geociências-UNG*, 67-75.

Latrubesse, E. (2008). Patterns of Anabranching channels: the ultimate end-member adjustments of mega-rivers. *Geomorphology*, 101, 130-145.

Latrubesse E., Amsler, M., R.P., Morais, Aquino, S. (2009). The Geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: the case of the Araguaia River. *Geomorphology*, 113, 239-252.

Lima, J.E.F., dos Santos, P.M.C., Carvalho, N.O., da Silva, E.M. (2003) Araguaia-Tocantins: Diagnóstico do Fluxo de Sedimentos em Suspensão na Bacia. Brasília: Embrapa, ANEEL, ANA. 116p.

Miall, A. D. (1975). *The Geology of Fluvial Deposits*. Springer Verlag, 582p.

Miall, A.D. (1985) Architectural elements analysis: a new method of facies applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*. pp 261-308.

Morais, R. P. (2002). 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

Morais, R. P. (2006). A Planície Aluvial do Médio Araguaia: processos geomorfológicos e suas Implicações Ambientais. Tese de doutorado, CIAMB - Universidade Federal de Goiás, 145p.

Pinheiro, R. C. D. Lagoas da planície de inundação do médio Rio Araguaia, Goiás/Mato Grosso: características fisiográficas e limnológicas. 2004, 107p. Dissertação - Universidade Federal de Goiás, Mestrado em Ciências Biológicas (Ecologia), Goiânia–GO.

Prado R, Gonçalves Oliveira L., Latrubesse, E.M. Pinheiro R.C. (2005). Análise Limnológica de Parâmetros Morfométricos dos Sistemas Lacustres da Planície Aluvial do Médio Rio Araguaia. *Acta Sci. Biol.* Vol. 27 Maringá, 2005.

Prado, R.P. Latrubesse, E. And Aquino, S. (2008). Controles abióticos da vegetação na planície aluvial do Rio Araguaia, Brasil Central. *Acta Scientiarum*, V.30, n4,411-421.

Prado, R.,Oliveira, L.G., Latrubesse, E. and Pinheiros, R. (2005) Análise Limnológica dos parâmetros morfométricos dos sistemas lacustres da planície aluvial do Médio Rio Araguaia. *Acta Scientiarum*.22p.

Stevaux, J. C., (1994). The upper Paraná River (Brazil): Geomorphology, sedimentology and paleoclimatology. *Quaternary International*, v.21:143-161.

Valente C. R, (2007) Geotectonic, geologic evolution and regional geomorphology of the Araguaia river basin, Central Brazil. Teses de Doutorado. CIAMB-UFG. 2007. 204 pp.

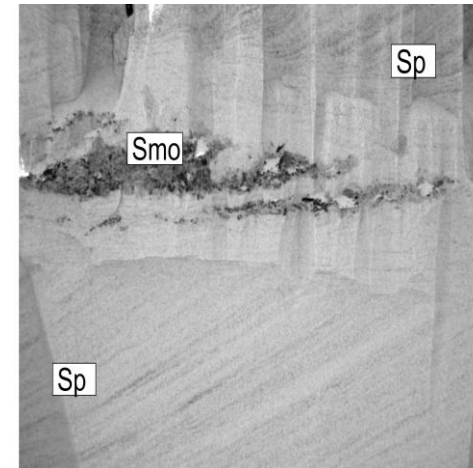
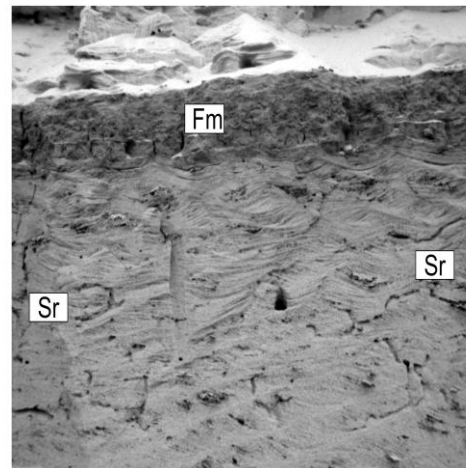
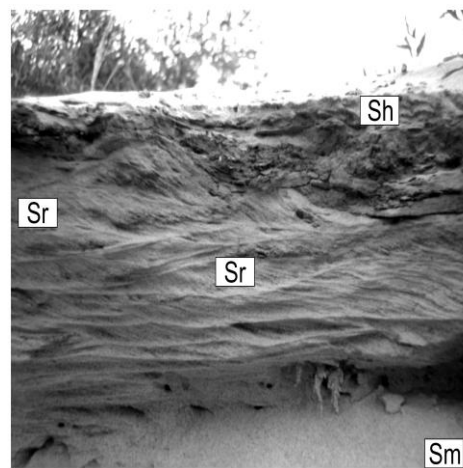
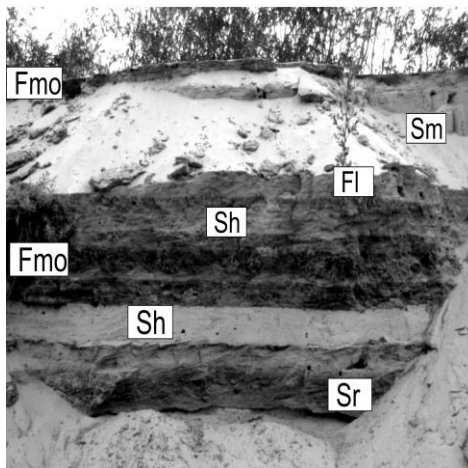
# **ANEXO I**

Ambientes	Subambientes	Associação de fácies	Interpretação ambiental
Subambientes distantes do canal principal	Diques marginais "levee"	Conformada pelas fácies <b>Fl, Fmo</b> , e em menor proporção <b>Sm e Sh</b> , os sedimentos originados neste ambiente mostram particularmente depósitos laminados gerando corpos delgados de forma tabular.	Estão constituídos por intercalações de arenas finas a médias e pacotes espessos de material mais fino, de cor escuro finamente laminado ou maciços pela atividade de processo de bioturbação
	Planície periodicamente inundável..	Este subambiente ocupa na maior parte das ocorrências uma posição intermédia entre os bancos acrescidos ou os leveys da margem do canal e os ambientes de pântanos e lagos, recostados sobre as bordas externas da planície. Este subambiente está caracterizado pela associação das fácies), <b>Fm, Fmo e (Sh).</b>	Dominado pela predominância de morfologias de espirais de meandros, na sua topografia se distingue o alinhamento paralelo de cristas e depressões de pouca profundidade, suavizadas pela acumulação de material predominantemente fino, removilizado durante as inundações.
	Pântanos/backswamp	Sectores deprimidos que permanecem alagados durante grande parte do ciclo hidrológico. Os processos de sedimentação estão relacionados a acreção vertical, pela decantação dos materiais mais finos, removilizados durante o período de inundações. Este subambiente está caracterizado pela associação das fácies, <b>Fl, Fm, Fmo.</b>	Caracteristicamente estes depósitos apresentam uma grande quantidade de matéria orgânica, (Carbono Total) importantes acumulações de folhas e restos vegetais, aportados pela espessa vegetação que suporta. As estruturas originais dos depósitos encontram-se totalmente apagadas pelos intensos processos pós-deposicionais que acontecem nesse ambiente.

TABELA II SUBAMBIENTES DA PLANÍCIE ALUVIAL - ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES

Subambientes Associados ao canal principal  (Unidade de bancos e ilhas acrescidas)	De canal principal	<b>Gm, Sp, St e Sh</b> . Localizada na base dos depósitos é constituída pelas classes mais grossas de areia e a presença comum de seixos isolados.	Esta associação de fácies representa a fase subaérea na evolução dos bancos centrais de areias, condicionada a presença de mecanismos tractivos num alto regime de fluxo.
	Canais secundários (em fase de assoreamento)	Este subambiente está caracterizado pela associação das fácies <b>Sr, Sm, (Sh), Fl, Fm, Fmo</b> . Localizados normalmente na seção superior das seqüências sedimentares, sobreposta a uma espessa plataforma constituída por uma seqüência arenosa normalmente grano decrescente.	Os depósitos originados neste sub-ambiente sedimentário estão compostos de materiais diversos que refletem a forte estacionalidade e as marcadas mudanças nas condições hidrodinâmicas.
	Bancos centrais e ilhas	Conformada pela associação de fácies <b>Smo, Sr, Sh, Sm e Fm</b> . Este subambiente reflete marcadas alterações cíclicas nas condições de deposição, como intervalos periódicos de exposição aérea.	Depósitos localizados na seção superiores das seqüências sedimentares, nos bancos centrais e em outros setores do canal principal que ficam expostos a importantes variações anuais nas condições hidrodinâmica dos fluxos.
	Bancos laterais	Os depósitos desta Unidade estão compostos principalmente por areias médias a finas, com intercalações delgadas de materiais mais finos. ( <b>Sr, Sh, Smo, Fmo, Gms</b> ).	As dimensões destas barras laterais geralmente estão na ordem de 10 metros, mais em muitos casos estes depósitos fundem-se formando complexos de bancos acrescidos de dimensões maiores,

TABELA I : FACIES SEDIMENTARES



Depósitos fluviais atuais da planície do rio Araguaia. Representação das fácies reconhecidas na Tabela 1.

<b>Fácies com predomínio de material seixoso</b>			
<b>Fácies</b>	<b>Descrição</b>	<b>Composição</b>	<b>Interpretação</b>
<b>Fácies Gm</b>	Depósitos lenticulares de menos de um metro de espessura e até 10 de metros de comprimento. Contactos inferiores erosivos.	Conformado por arenas grossas, gravas y seixos (de até 10-12 cm), imbricados, parcialmente maciça.	Depósitos de centro de canal, restringido ao sector do talvegue y preservadas nas depressões entre dunas o megadunas em canais parcialmente assoreados.
<b>Fácies Gms</b>	Delgadas acumulações, isoladas, de seixos, gravas e areia grossa. As estruturas internas destas seqüências predominantemente arenosas apresentam geralmente escassa continuidade lateral	Conformado por arenas grossas, gravas y seixos (de até 5 cm), gerando seqüências grano-decrecentes (finning upward)..	Depositadas após o pico das enchentes em sectores distais do fluxo principal e associadas geralmente a depósitos arenosos de acreção lateral.
<b>Fácies com predomínio de materiais finos ( Silte e argila)</b>			
<b>Fácies FI</b>	Estes depósitos são localizados geralmente na parte superior dos perfis sedimentares. Conformam corpos geralmente tabulares de vários metros de largura e espessuras inferiores a 0.5 m.	Delgadas laminações de areias finas y muito finas, silte e argila. Em muitos casos apresenta sua estrutura modificada por processos pos-deposicionais como oxidação e bioturbacão	Materiais depositados em setores de escassa energia permitindo a decantação das frações mais finas, transportadas em suspensão.
<b>Fácies Fm</b>	Esta fácies conforma acumulações, de forma lenticular, de material fino ( silte e argilas), maciças e de cor escuro, podem se apresentar parcialmente oxidados.	Delgadas laminações de areias finas y muito finas, silte e argila. A espessura destes depósitos e inferior a 0,3 m e o comprimento máximo destas formas pode alcançar um par de metros.	Geralmente representam a decantação, dos materiais transportados em suspensão por pequenos canais (chutte channel) estabelecidos no topo dos bancos de areia.
<b>Fácies Fmo</b>	Esta fácies e uma adaptação das apresentadas por Miall ( 1975), e foi utilizada na descrição de depósitos sedimentares no Rio Paraná . Apresenta-se maciça, intensamente bioturbada, podendo conter restos vegetais e núcleos de oxidação.	Esta conformada pela acumulação de sedimentos finos com uma alta porcentagem de matéria orgânica	Esta fácies reconhecida a partir de testemunhas de perfurações é gerada em ambientes de baixa energia, distante dos fluxos principais onde prevalecem os mecanismos de decantação e o desenvolvimento de uma cobertura vegetal.
<b>Fácies com predomínio de material arenoso.</b>			
<b>Fácies St</b>	Corpos lenticulares, espessos (> 0,5 m) , podendo alcançar alguns metros de comprimento. As bordas inferiores são erosivas, originando marcadas superfícies de reativação. Estrutura massiva	Conformada na maior parte por areia meia a grossa, podem ter delgadas acumulações de areias muito grossa e seixos dispersos na base, criando desta maneira uma seqüência interna grano-decreciente	Segundo Stevaux (1994), depósitos similares foram associados a migração de dunas e mega-ripples no trecho meio e superior do Rio Paraná.
	Forma corpos tabulares de até 1,5 m de espessura	A geração deste tipo de depósitos esta	Este tipo de depósito esta relacionado ao

<b>Fácies Sp</b>	podendo alcançar um comprimento de até 10 metros. Conformada por areias média a grossa, apresenta caracteristicamente uma estratificação cruzada planar, de alto ângulo (20-30° , e contatos angulares.	relacionada a condições de fluxo que implicam a presença de uma lamina de água com uma espessura maior de 0.5 m.	avanço do frente de dunas tipo 2D ,Miall 1985), através da migração águas abaixo do frente de avanço das dunas e avalanches dos materiais ao superar o ângulo de repouso.
<b>Fácies Smo</b>	Esta fácies (Smo) se encontra constituída por areias mal selecionadas e uma importante quantidade de matéria orgânica, Conformam corpos lenticulares de até 50 cm de espessura.	A matéria orgânica particularmente folhas, se depositam em pacotes de vários centímetros de espessura, conformando uma estratificação interna cruzada, grosseira e pobremente definida.	Esta fácies é uma adaptação as fácies propostas por Miall (1977, 1985),. refletindo uma brusca perda de energia após o pico das enchentes, permitindo assim, a decantação das folhas transportadas no fluxo.
<b>Fácies Sr</b>	Constitui corpos geralmente tabulares de até 1,0 m de espessura, Conformado principalmente por areias finas e muito finas, moderadamente selecionadas. Esta fácies apresenta uma complexa estrutura interna, conformada pela superposição de trens de ripples, assimétricos.,	A sua ocorrência fica restringida a parte superior das seqüências sedimentares, refletindo em muitos casos a fase de culminação de processos de acreção lateral.	Estes depósitos são associados a condições de baixo regime de fluxo, em setores distantes das correntes principais.
<b>Fácies Sh</b>	Apresenta-se conformada pela alternância de delgados bancos de areias finas e médias, bem selecionadas, as quais originam corpos tabulares de 0,5 a 1,0 m de espessura.	Esta fácies se caracteriza pela marcada laminação plano paralela de seus elementos, devido ao predomínio de fluxos laminares	Estes depósitos podem-se associar tanto a condições de alto como a baixo regime de fluxo, mais a preservação neste ultimo caso seja mais difícil. ( Miall, 1977)
<b>Fácies Sm</b>	Esta fácies se encontra conformada por areias finas a grossa, mal selecionada e caracteristicamente maciça,	Em alguns casos apresentam uma diminuição no tamanho no topo das seqüências ( Finning upwards).	A textura maciça destes depósitos pode estar associada a modificações post-deposicionais por processos de bioturbacao



## **PARTE 4**

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

A bacia do Rio Araguaia, em território Goiano, se estende por uma superfície de 86.000 km<sup>2</sup>, sendo caracterizada por uma grande diversidade de ambientes próprios do Cerrado. Este bioma se encontram atualmente bastante reduzido em termos de área original e frente à acelerada apropriação dos recursos naturais em consequência do avanço e estabelecimento de um novo sistema de produção agropecuário (avanço da fronteira agrícola).

O rio Araguaia, representa a principal artéria de drenagem e transporte de sedimentos da bacia, onde em seu segmento inferior constitui uma ampla planície aluvial, que representa uma importante e complexa área agradacional que desde a década de 1970 armazena importantes volumes de sedimentos operando através de uma variedade de processos, registrando assim, uma forte dinâmica morfológica e claras tendências evolutivas.

Essa importante acumulação fica evidente diante da evolução que apresenta diversos parâmetros morfométricos e elementos geomorfológicos da planície (número de ilhas, tipo de barras, sinuosidade, largura/profundidade, número de canais secundários, entre outros). Tais elementos quando analisados e comparados a partir de registros das últimas quatro décadas, determinam tendências claras na resposta geomorfológica do sistema fluvial, particularmente na planície aluvial do rio Araguaia, diante das mudanças reconhecidas nas variáveis do sistema.

Nesse cenário de fortes mudanças, a contribuição específica desta pesquisa esteve centrada na geração, processamento, análise e divulgação de informações referentes a vários aspectos ambientais do sistema fluvial do Rio Araguaia. Neste sentido nosso foco principal foi a obtenção de parâmetros hidro-sedimentológicos especialmente voltados à caracterização e avaliação da qualidade dos recursos hídricos e à caracterização e ordenamento dos materiais contidos nos depósitos fluviais da planície.

As informações geradas visaram, mais especificamente, fornecer subsídios à implantação de estratégias com vistas ao estabelecimento de diretrizes de compatibilização entre os usos múltiplos dos recursos hídricos (abastecimento humano, geração de energia, turismo e lazer, navegação, irrigação, dessedentação animal, etc.) às demais políticas setoriais que apresentam algum nível de interferência sobre esses recursos, além da necessidade de promover o desenvolvimento sustentável de suas bacias. Os resultados obtidos foram organizados em dois artigos científicos, os quais exploram diversos aspectos multidisciplinares da pesquisa.

Assim, no primeiro dos artigos elaborados, referindo-se ao comportamento do fluxo de sedimentos transportados em suspensão, os dados representam uma informação valiosa devido à inexistência de outras

fontes ou base de dados que possibilitem a avaliação desta importante variável hidrológica (Qss -carga de sedimentos transportada em suspensão). Tais dados, entanto, apresentam valores diferentes daqueles mencionados na escassa literatura. Tais diferenças, consideramos que seja devido em grande parte, ao conjunto de dados de concentração média (Css) obtidos neste trabalho, dados que mostram valores substancialmente menores (35-40%) que os apresentados pela literatura.

As concentrações de sedimentos em suspensão (Css) medidas ao longo da Alta e Média bacia do Araguaia apresentam valores que podem ser considerados como baixos (< 150 mg/l), sobretudo quando comparados com outros sistemas fluviais de grande porte, mesmo em ambientes tropicais. No entanto, os valores de Css nos canais principais das sub-bacias afluentes, são menores, podendo ser considerados como muito baixos (< 50 mg/l) ainda que, muito localmente, afluentes menores apresentem concentrações elevadas especialmente quando associados á setores da bacia com intensos processos erosivos.

Por outro lado, os sedimentos suspensos representaram importantes compartimentos acumuladores de elementos (principalmente alumínio e ferro) ao longo do Rio Araguaia. Consideramos que as condições ambientais favorecem a ocorrência de formas precipitadas associadas ao sedimento suspenso, sugerindo que a sua abundância poderia estar relacionada aos fluxos provenientes de setores da alta bacia, os quais aportam importantes concentrações de minerais secundários (argilas) que favorecem o transporte destes elementos.

Os diferentes grupos de elementos químicos mostram de forma geral um comportamento uniforme/homogêneo para as amostras coletadas no canal, no entanto mudanças no regime hidrológico promovem a perda de conectividade de muitos subambientes aquáticos da planície, representando relevantes conseqüências na composição química dos sedimentos transportados em suspensão.

Como ressaltado ao longo deste trabalho, o sistema fluvial do Araguaia em seu trecho médio, desenvolve uma planície aluvial que representa uma das maiores áreas úmida do Cerrado. Tal área deprimida conforma uma ativa "trampa" de armazenagem de sedimentos, funcionando como tal durante os últimos milhares de anos.

Esta complexa área "agradacional" esta conformada por um conjunto de morfologias fluviais remanentes, reflexo de importantes mudanças nas condições passadas, e de um importante volume de materiais "atuais", predominantemente arenosos, que estabelecidos às margens do canal conformam uma espécie de faixa estreita paralela ao canal em permanente evolução.

Dentro desta perspectiva de rápidas mudanças no padrão morfológico do canal, em um segundo artigo científico, foram identificados, descritos e

classificados os distintos subambientes sedimentares que conformam a planície aluvial do Rio Araguaia. Tais ambientes deposicionais, que são definidos principalmente pelas condições hidrodinâmicas operantes nos distintos trechos do canal e pelo suprimento de materiais, apresentam uma rápida evolução, gerando depósitos associados as geoformas móveis e instáveis, que se encontram fortemente ligadas ao regime hidrológico anual e às características da carga transportada, particularmente a grande disponibilidade de materiais arenosos no sistema.

Assim, podemos concluir que as mudanças induzidas sobre as variáveis hidro-sedimentológicas do sistema fluvial do Rio Araguaia, tem inserido ao complexo “canal-planície de inundação” em uma fase de ativa sedimentação. Por outro lado, os processos ligados ao assoreamento de canais secundários e anexação de ilhas à planície de inundação são ressaltados como os principais fatores destas mudanças de padrão de canal.

Processos sedimentares que atuam na geração/evolução da Unidade de bancos e ilhas acrescidas, continuam a sofrer uma atuação “acelerada”, a partir dos diferentes mecanismos de construção/destruição da planície, alterando assim, rapidamente as condições naturais dos diferentes setores do canal principal, assim como dos subambientes associados, acarretando em grandes conseqüências sob a distribuição e heterogeneidade dos habitat associados.

Conforme apresentado e discutido previamente, faltam dados que permitam estudos mais detalhados, principalmente referidos à descarga sólida em suspensão e as características químicas destes sedimentos na Alta e Média bacia do rio Araguaia. Tais dados permitiriam associar o comportamento do fluxo de sedimentos à fatores e influencias naturais, como também associados às características da ocupação e desenvolvimento socioeconômico das sub-bacias afluentes.

Por fim, os resultados aqui apresentados corroboram no contexto geral estabelecido em numerosas pesquisas que ressaltam a necessidade e urgência de elaboração de políticas públicas para a preservação, conservação e gestão deste importante recurso.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)