

# **Análise da Dinâmica das Margens do Rio Madeira (AM) no Período de 1987 à 2007, A Partir de Imagens de Sensores Remotos Ópticos**

Sheila Gatinho Teixeira<sup>1</sup>  
Maria Adelaide Mancini Maia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CPRM – Serviço Geológico do Brasil – SUREG - Manaus  
Av. André Araújo, 2160, CEP: 69060-001 Manaus, Amazonas  
{steixeira, adelaide}@ma.cprm.gov.br

**Abstract.** This study presents a multitemporal analysis the fluvial dynamics of Madeira River from multitemporal images Landsat – 5 TM, acquired in 1987, 1997 and 2007. The analysis revealed significant changes in geometry channel of Madeira River. From to multitemporal analysis and elevation data of SRTM, was identified two segments, in study area. The segment I, localized between Mouth of Madeira River and Manicoré City, and segment II, localized Manicoré City and Humaitá City (Boundary the Amazonas State). The segment II was the sector that has an intense fluvial dynamics. The main fluvial processes identified were: erosion of margins, the islands increased to flood plain, the lateral bars increased to flood plain, partial erosion or total of island, part of islands increased to flood plain, erosion of islands increased to flood plain, lateral deposition, the islands increased on sedimentation to form a new island, deposition in island and deposition in meander.

**Palavras-chave:** Madeira River, remote sensing, multitemporal analisys, Rio Madeira, sensoriamento remoto, análise multitemporal.

## **1. Introdução**

Segundo Souza & Cunha (2007), os canais fluviais são dinâmicos, pois, envolvem mecanismos de remoção de materiais, alterando suas margens, devido, principalmente, aos processos erosivos. O fenômeno de alargamento dos canais fluviais é provocado pelos processos de erosão das margens que estão entre os elementos mais dinâmicos dos canais fluviais. O entendimento sobre seu mecanismo de atuação e a quantificação da magnitude é importante para compreender a evolução dos diversos elementos da dinâmica fluvial.

Dentro desse contexto, o presente trabalho, estudou a dinâmica das margens do médio e baixo Rio Madeira, trecho situado dentro do limite do Estado do Amazonas. A dinâmica deste Rio, já vem sendo estudada por diversos autores (Adamy & Dantas, 2004; Lima, 2002), principalmente, na porção média, que atravessa o Estado de Rondônia. De acordo com estes autores, as margens deste rio, vêm sofrendo uma dinâmica fluvial bastante intensa, que é representada, principalmente por trechos com recuos erosivos das margens, em decorrência do processo de migração do canal da esquerda para direita.

Assim, a pesquisa consistiu na análise multitemporal qualitativa de cenas Landsat 5-TM dos anos de 1987, 1997 e 2007, onde foi possível verificar as áreas com processos de agitação e erosão fluvial recentes, que refletem mudanças significativas na geometria do canal e das ilhas. Além disso, foi possível identificar os principais processos fluviais e sugerir uma possível compartimentação morfológica da planície fluvial do Madeira, a partir de índices morfométricos.

## **2. Área de Estudo**

O Rio Madeira está situado na margem direita do Rio Amazonas e tem sua nascente na Cordilheira dos Andes, onde recebe o nome de Mamoré. Apresenta largura superior a 1 km. O trecho estudado está situado, entre as proximidades da cidade de Humaitá, extremo sul do Estado do Amazonas, até a área da foz do Rio Madeira (Figura1).

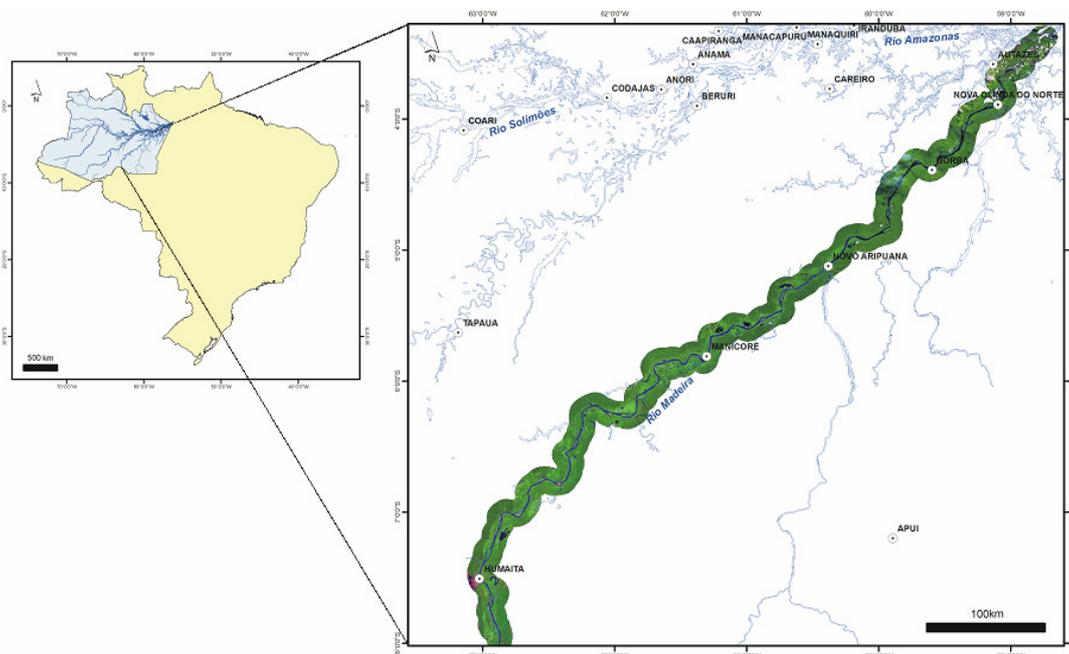


Figura 1 – Mapa de localização da área em estudo

Segundo CPRM (2000), o clima na região é quente e úmido com estação seca pouco pronunciada. A temperatura média anual varia entre 25° C e 27° C, a umidade relativa do ar fica em torno de 85%. A precipitação pluviométrica média anual situa-se na faixa de 2.400 mm. O período mais chuvoso vai de janeiro a março, com precipitações mensais entre 300 e 350 mm, enquanto que a época mais seca ocorre de junho a agosto, com médias mensais em torno de 50 mm.

A geologia do entorno do Rio Madeira é caracterizada pelas rochas da Bacia do Solimões-Amazonas, caracterizadas da base para o topo pela Formação Alter do Chão e as Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, ambas unidades formadas por arenitos semi-friáveis e argilitos de origem continental. Aluviões sub-recentes e modernos distribuem-se pelo vale do rio Madeira, CPRM (2000).

A área em estudo está inserida em três unidades de paisagem definidas por CPRM (2000), que são os Tabuleiros Madeira-Purus, na margem esquerda, Tabuleiros Madeira-Marmelos, na margem direita e os aluviões do Madeira, no vale do Rio Madeira.

### 3. Materiais e Métodos

A área em estudo é recoberta por seis cenas Landsat 5-TM. Foram analisadas imagens dos anos de 1987, 1997 e 2007, selecionadas de acordo com a mínima cobertura de nuvens e datas de aquisição, coincidentes com o período de vazante (**Tabela 1**). Assim, as datas do imageamento são dos meses de junho, julho, agosto e setembro de cada ano, descartando assim, uma possível interferência da variação do nível das águas nas análises. As imagens foram adquiridas no acervo do INPE. Foram utilizadas também imagens do levantamento Geocover do ano de 2000, como base para o georreferenciamento.

Foram utilizadas cenas SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), do período de 11 de fevereiro à 22 de fevereiro de 2000 adquiridas pelo ônibus espacial *Endeavour*. As características das imagens utilizadas são descritas na **Tabela 2**.

**Tabela 1** – Características das imagens Landsat-5 TM utilizadas.

Plataforma	Sensor	Órbita/Ponto	Data de Aquisição (1987)	Data de Aquisição (1997)	Data de Aquisição (2007)
LANDSAT – 5	TM	230/062	06 ago	01 ago	30 set
LANDSAT – 5	TM	230/063	06 ago	01 ago	26 set

LANDSAT – 5	TM	231/063	12 jul	07 jul	04 ago
LANDSAT – 5	TM	231/064	12 jul	21 jun	04 ago
LANDSAT – 5	TM	232/064	16 jul	14 jul	27 ago
LANDSAT – 5	TM	232/065	03 jul	25 jun	27 ago

**Tabela 2** - Características dos dados utilizados.

Plataforma	Sensor	Angulo de incidência (°)	Resolução espacial (m)	Tamanho Pixel	Swath (Km)
LANDSAT – 5	TM	Nadir	30	28,5	185
(SRTM)	InSAR	off-nadir	90	90	111

### 3.1. Processamento das imagens TM e SRTM

As imagens TM foram processadas no software ENVI 4.4, onde primeiramente foi realizada correção atmosférica. Posteriormente, foi feito o georreferenciamento das imagens, e os pontos de controle foram obtidos a partir das imagens geocover 2000. Posteriormente foi feito a escolha do triplete de bandas TM (5, 4 e 3) e o mosaico das imagens. E por fim, foi aplicado o aumento do contraste linear.

As imagens SRTM foram processadas primeiramente no software Global Mapper 8, onde foram recortadas e mosaicadas. Posteriormente, as imagens foram processadas no ArcGis 9.2, no qual foi confeccionado, o relevo sombreado e a sobreposição com os dados de elevação.

### 3.2. Análise Multitemporal

Na etapa de análise multitemporal, as imagens dos diferentes anos (1987, 1997 e 2007) foram organizadas em planos de informações diferentes no ArcGis 9.2, a partir do qual foram extraídos os limites do Rio Madeira para os diferentes anos. Posteriormente, esses limites foram comparados entre si, com base na data de aquisição mais antiga com relação às datas mais recentes.

### 3.3. Análise Qualitativa

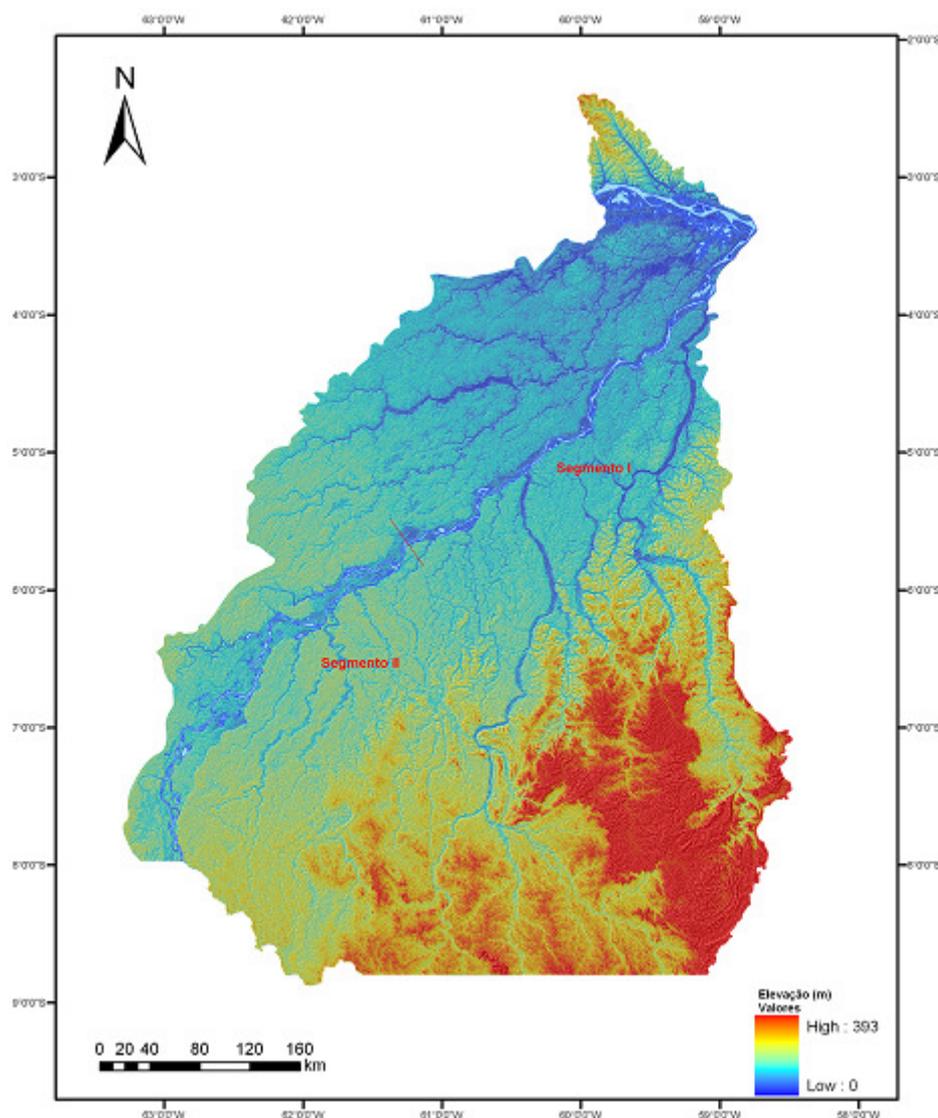
Para o entendimento da dinâmica das margens foram utilizadas além dos dados multitemporais, os dados referentes à morfometria do Rio Madeira, como exemplo, largura média da planície de inundação, caracterização do relevo, extensão do canal e o índice de sinuosidade, que é a relação entre o comprimento do canal e a distância do eixo do vale (Leopold & Langbein apud Christofolletti, 1981). Valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo. Já os valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Sabe-se, entretanto, que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais.

## 4. Resultados e Discussões

A bacia de drenagem tem forma assimétrica, uma vez que os afluentes da margem direita são mais longos que os da margem esquerda (Figura 2).

A partir da análise dos dados de sensores remotos foi possível distinguir, ao longo do trecho do Rio Madeira estudado, dois segmentos, da jusante para a montante. O segmento I, situado entre a foz e às proximidades da cidade de Manicoré e o segmento II, entre às

proximidades da cidade de Manicoré e o limite do estado do Amazonas, nas proximidades da cidade de Humaitá (Figura 2).



**Figura 2** – Bacia de drenagem do Rio Madeira dentro do limite do Estado do Amazonas, com identificação dos segmentos.

#### 4.1 – Segmento I

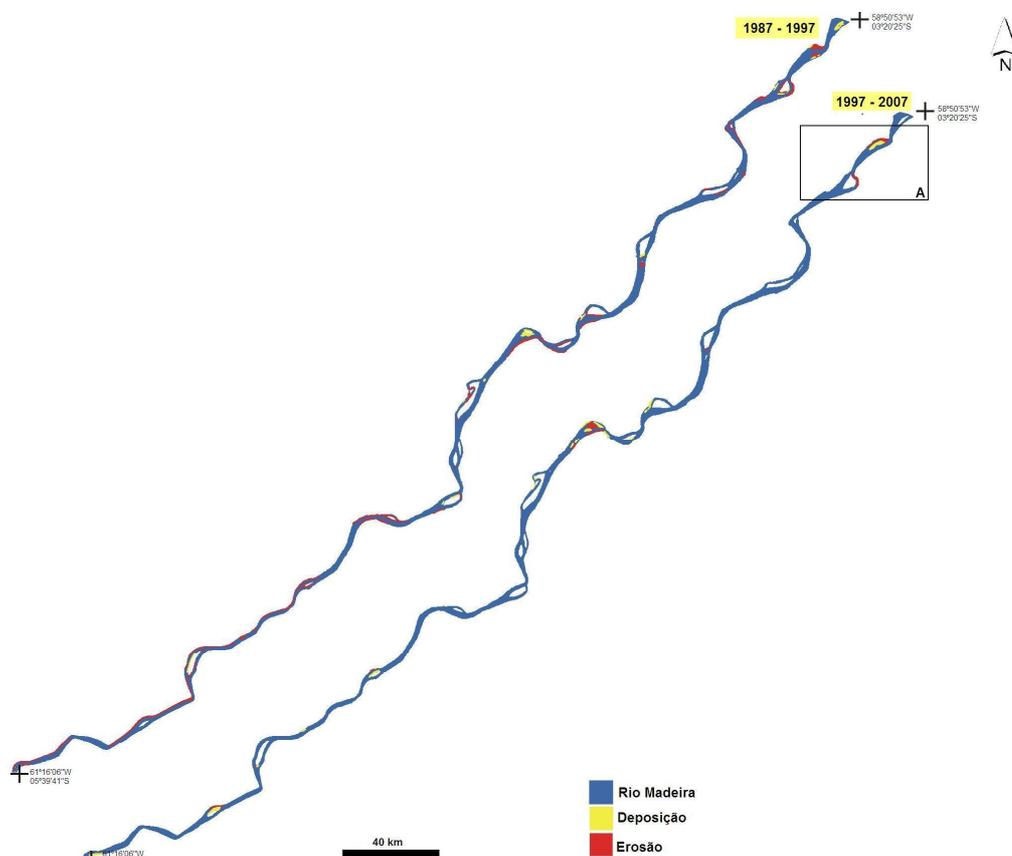
Este segmento possui extensão de aproximadamente 447 km, a planície de inundação possui largura média de 7 km e está encaixada em relevo plano, com cota que varia da foz até o limite deste segmento de 40 à 50 m. O índice de sinuosidade é de 1,18, valor que indica que neste trecho o Rio Madeira tende a ser retilíneo.

Através da análise multitemporal, foi observado neste segmento, no período de 1987 à 1997, o processo predominante foi erosão das margens, e em porções localizadas foi verificado também erosão de partes das ilhas do canal (Figura 3).

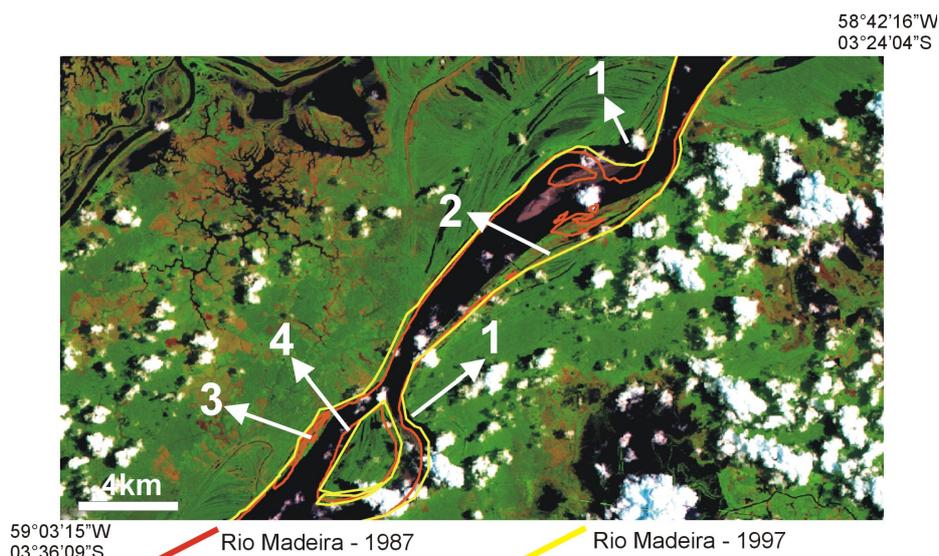
No período de 1997 à 2007, este segmento não sofreu muitas modificações, havendo certo equilíbrio entre os processos de erosão e deposição, em áreas restritas deste segmento (Figura 3)

Fazendo um detalhe, em uma das áreas que sofreram as maiores modificações ao longo deste trecho, é possível observar ao longo do período estudado, erosão lateral das

margens, de extensão linear de aproximadamente 1,5 km, ilhas acrescidas à planície de inundação, barras laterais acrescidas à planície de inundação e erosão parcial ou total em ilha (Figura 3A).



**Figura 3** – Segmento I, nos períodos de 1987 à 1997 e 1997 à 2007, com a espacialização das áreas com erosão e deposição.



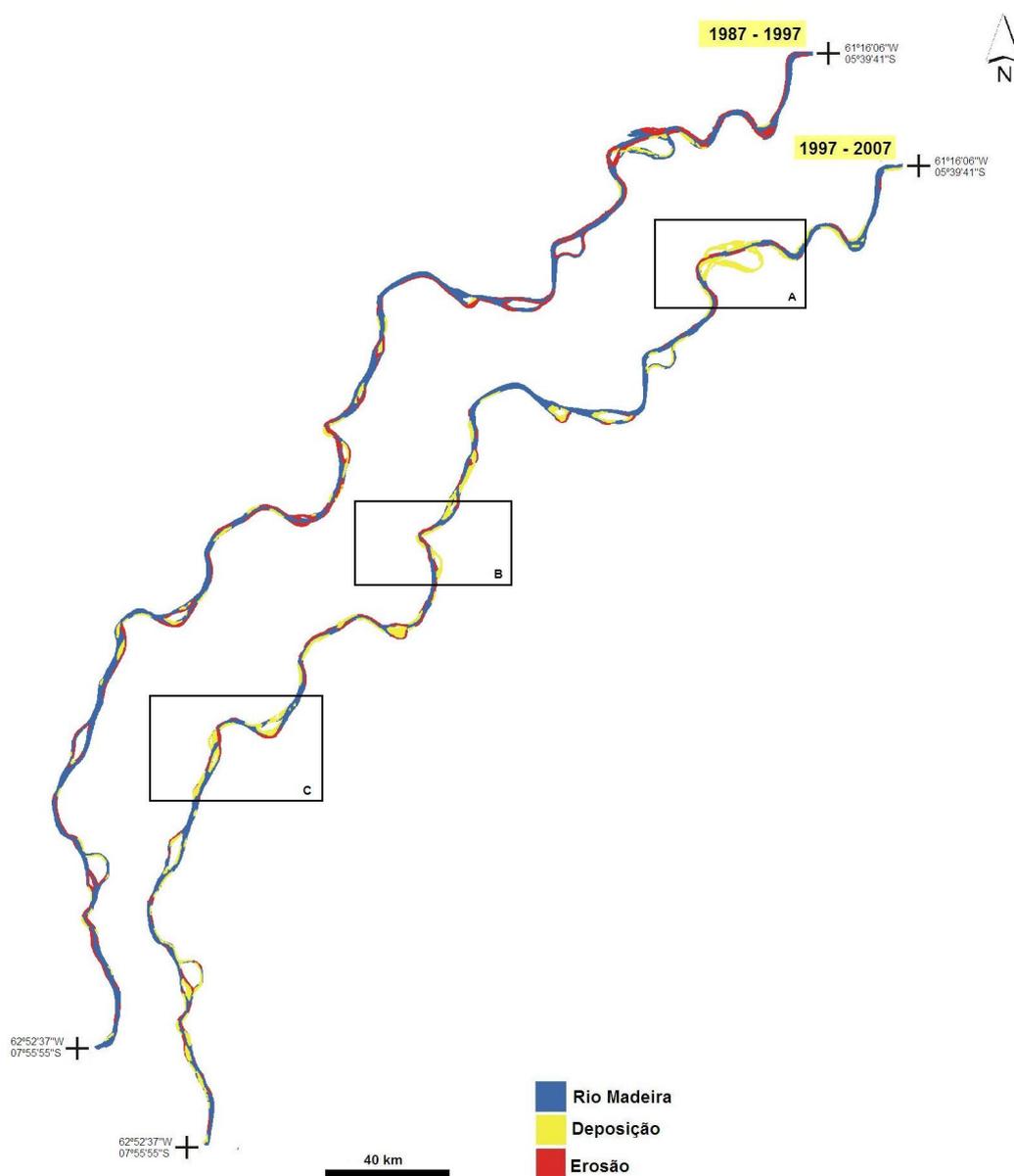
**Figura 3A** – Imagem Landsat-5 TM, composição 5R4G3B – ano 2007, com a sobreposição dos limites do Rio Madeira nos anos de 1987 e 1997. Processos Fluviais: 1 – erosão das margens; 2 – ilhas acrescidas à planície de inundação; 3 – barras laterais acrescidas à planície de inundação; 4 – erosão parcial ou total em ilha.

## 4.2 – Segmento II

Este segmento possui extensão de aproximadamente 440 km, a planície de inundação possui largura média de 23 km e está encaixada em relevo plano, com cota que varia de 50 à 60 m, do limite do segmento até às proximidades da cidade de Humaitá. O índice de sinuosidade é de 1,43, valor que indica que o Rio Madeira neste trecho tende a ser transicional entre os padrões retilíneo e sinuoso.

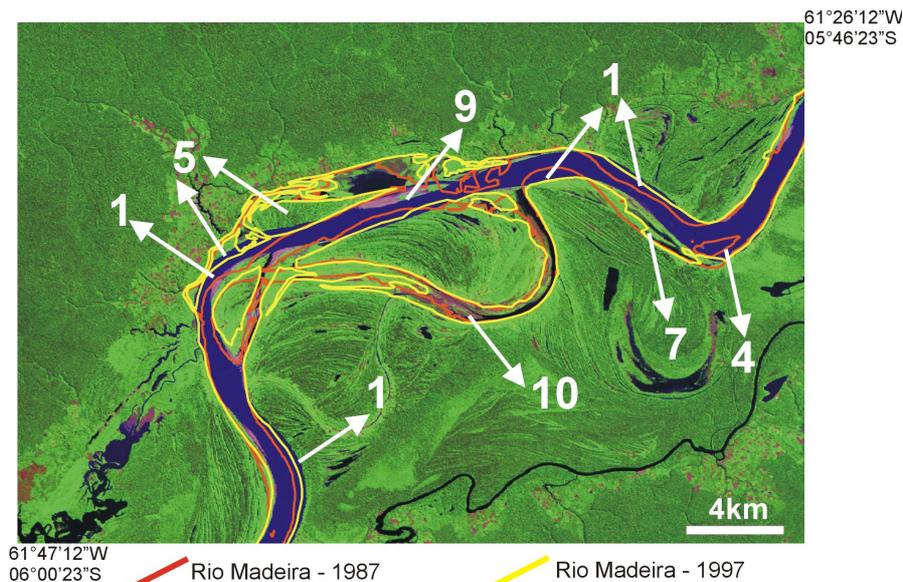
Através da análise multitemporal, foi observado que este segmento, no período de 1987 à 1997, sofreu grandes modificações, na sua geometria, no qual o processo predominante foi erosão em relação ao processo de deposição (Figura 4)

No período de 1997 à 2007, este segmento também, sofreu muitas modificações, havendo um predomínio do processo de deposição em relação ao processo de erosão (Figura 4).

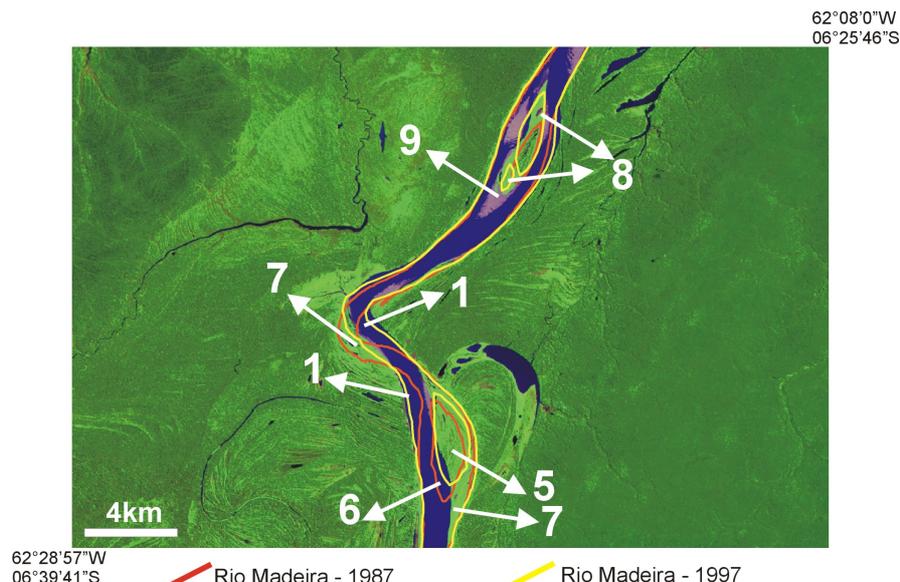


**Figura 4** – Segmento II, nos períodos de 1987 à 1997 e 1997 à 2007, com a espacialização das áreas com erosão e deposição.

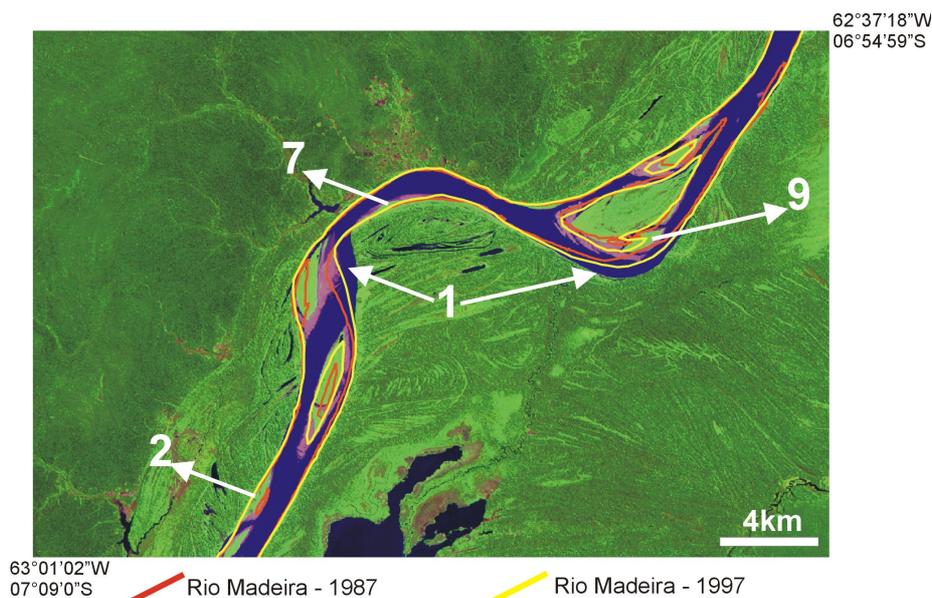
Analisando em detalhe, as áreas que sofreram as maiores modificações ao longo deste trecho, é possível observar que nos últimos vinte anos, a erosão lateral das margens, atingiu em alguns trechos uma extensão linear de aproximadamente 800 m (Figura 4A), 1,4 km (Figura 4B), no entanto a deposição nas margens atingiu uma extensão linear de 1,1 km (Figura 4A) e 1,4 km (Figura 4B e 4C). São observados também os processos de erosão parcial ou total em ilha (Figura 4A), deposição em ilha (Figura 4A e 4B), parte de ilha acrescida à planície de inundação (Figura 4A e 4B), ilhas acrescidas na sedimentação para formar uma nova ilha (Figura 4B). Foram identificados trechos retilíneos, com colmatagem de meandros (Figura 4A).



**Figura 4A** – Imagem Landsat-5 TM, composição 5R4G3B – ano 2007, com a sobreposição dos limites do Rio Madeira nos anos de 1987 e 1997. Processos Fluviais: 1 – erosão das margens; 4 – erosão parcial ou total em ilha; 5 – parte de ilha acrescida à planície de inundação; 7 – Deposição nas margens; 9- Deposição em ilha; 10- Deposição em braço de canal.



**Figura 4B** – Imagem Landsat-5 TM, composição 5R4G3B – ano 2007, com a sobreposição dos limites do Rio Madeira nos anos de 1987 e 1997. Processos Fluviais: 1 – erosão das margens; 5 – parte de ilha acrescida à planície de inundação; 6 – Erosão de ilha acrescida à planície de inundação; 7 – Deposição nas margens; 8- ilhas acrescidas na sedimentação para formar uma nova ilha; 9- Deposição em ilha.



**Figura 4C** – Imagem Landsat-5 TM, composição 5R4G3B – ano 2007, com a sobreposição dos limites do Rio Madeira nos anos de 1987 e 1997. Processos Fluviais: 1 – erosão das margens; 2 – ilhas acrescidas à planície de inundação; 7 – Deposição nas margens; 9- Deposição em ilha.

## 5. Considerações Finais

A partir dos dados analisados é possível caracterizar que as alterações podem ser consideradas de grande magnitude, levando em consideração o curto período de tempo em que as mesmas ocorreram. Foram identificados dois segmentos no trecho do Rio Madeira estudado, sendo que estes segmentos mostram diferentes mudanças no comportamento das margens, no qual o segmento II, foi o trecho que mais sofreu mudanças em sua geometria, no período de 1987 à 2007. Essa diferença é observada, quando o Rio Madeira passa de um terreno com relevo de cota de aproximadamente 50 m para um terreno com relevo de cota 40 m. O limite deste segmento pode estar refletindo mudanças nos padrões geológicos-tectônicos, que serão investigados com a continuidade da pesquisa. Assim, pretende-se quantificar tais alterações e também entender quais os agentes causadores da intensa dinâmica fluvial, o que vai permitir a definição de tendências em relação aos processos de agradiação e erosão. Esse tipo de informação é de grande importância para a definição de áreas com risco à erosão uma vez que, existem vários povoados sediados nas margens do Rio Madeira. Além disso, segundo AHIMOC (2008) este rio serve como principal via de escoamento para os mercados consumidores do exterior da produção de soja do Centro Oeste, bem como da própria região amazônica, sendo de fundamental importância para a economia regional.

## Referências

- Adamy A. & Dantas M. E. **Complexo Hidrelétrico Rio Madeira - Geomorfologia Setor Jirau**. Porto Velho: CPRM-SGB Residência de Porto Velho, 2004.80 p.
- AHIMOC. 2008. Hidrovia do Madeira. Disponível em: <http://www.ahimoc.com.br/interna.php?nomeArquivo=hidrovia>. Acesso em: 07 mai. 2008.
- CPRM. **Projeto de Gestão Ambiental Integrada do Amazonas - Zoneamento Ecológico Econômico do Vale do Rio Madeira**. Manaus: CPRM -SGB SUREG Manaus, 2000.
- Christofoletti, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1981. 313 p.
- Lima M.I.C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: Apostila. 2002. 209 p.
- Souza, C.A.; Cunha, S.B. Pantanal de Cáceres - MT: Dinâmica das Margens do Rio Paraguai entre a Cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã –MT. **REAGB – Seção Três Lagos**, v. 1, n.5, p.18-43.2007. Disponível em: [http://www.ceul.ufms.br/revista-geo/artigo\\_celia\\_sandra\\_2.pdf](http://www.ceul.ufms.br/revista-geo/artigo_celia_sandra_2.pdf). Acesso: 15 mai 2008.