



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



ANA PAULA ALVES GONÇALVES

**ANÁLISES DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E MORFOMÉTRICAS DO
CANAL FLUVIAL DO RIO MACHADO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ-RO**

Ji-Paraná

2014

ANA PAULA ALVES GONÇALVES

**ANÁLISE DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E MORFOMÉTRICAS DO CANAL
FLUVIAL DO RIO MACHADO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ-RO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Campus de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Professor Alex Mota dos Santos

Ji-Paraná

2014

Gonçalves, Ana Paula Alves

G635a 2014 Análise das mudanças morfológicas e morfométricas do canal fluvial do Rio Machado no município de Ji-Paraná – RO / Ana Paula Alves Gonçalves; orientador, Alex Mota dos Santos. -- Ji-Paraná, 2014
65 f. : 30cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Ambiental. –
Universidade Federal de Rondônia, 2014
Inclui referências

1. Bacias hidrográficas - Rondônia. 2. Sensoriamento remoto.
3. Gestão ambiental. 4. Rios - Rondônia. I. Santos, Alex Mota dos.
II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 556.53(811.1)

Bibliotecária: Marlene da Silva Modesto Deguchi CRB 11/ 601



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE JI-PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
AMBIENTAL



TÍTULO: ANÁLISE DAS MUDANÇAS MORFOLÓGICAS E MORFOMÉTRICAS DO
CANAL FLUVIAL DO RIO MACHADO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ-RO

AUTORA: ANA PAULA ALVES GONÇALVES

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 28 de fevereiro de 2014.

Profa. Dra. Elisabete Lourdes do Nascimento (MEMBRO)

Profa. Fundação Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. João Gilberto dos Santos Ribeiro (MEMBRO)

Prof. Fundação Universidade Federal de Rondônia

Prof. Alex Mota dos Santos (ORIENTADOR)

UNIR – Fundação Universidade Federal de Rondônia

Ji-Paraná, 28 de fevereiro de 2014.

Só uma sociedade bem informada a respeito da riqueza, do valor e da importância da biodiversidade é capaz de preservá-la. Informada, a sociedade saberá o que fazer e o que não fazer. Saberá impedir que aconteçam coisas que ameacem a biodiversidade. Saberá transformá-la em um tema decisivo na política.

Washington Novaes

Agradecimentos

Á Deus primeiramente que torna todas as coisas possíveis. Que sempre esteve presente, fazendo da derrota uma vitória e da fraqueza uma grande força.

Agradeço a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho em especial:

Ao meu orientador, Prof. Ms. Alex Mota dos Santos, pelas fundamentais ajudas nas resoluções das dificuldades enfrentadas e pelo compartilhamento de conhecimento.

A minha família por todo amor, carinho, compreensão e por toda estrutura e segurança para que eu persistisse naquilo que almejava, em especial a minha mãe, Zislene Alves de Souza, a quem devo tudo que sou, ao meu pai Aelcio de Souza Gonçalves e aos meu queridos irmãos Ailton Alves Gonçalves e Anailton Alves Gonçalves.

Aos meus queridos amigos colegas de profissão, pelo forte apoio durante todo esse período de cinco anos juntos, por todas as lágrimas compartilhadas e também por todos os momentos alegres, não teria sido tão marcantes se vocês não estivessem comigo nesses momentos, são eles: Amanda Quinhones Bento, Emanuel F. S. C. Schott, Jéssica Gomes P. Pavanello, Jéssica Gella de Oliveira, Patrícia Fernanda de Lima, Wanderson de Castro Endlich.

E como prometido ao Emanuel F. S. C. Schott, um parágrafo especial de agradecimento a ele pela paciência para tirar as minhas dúvidas e dessa forma me ajudando com a parte do processamento das imagens.

E por fim a todos os professores do Departamento de Engenharia Ambiental, pelo conhecimento repassado no decorrer do curso que é de extrema importância para minha vida profissional. Em especial a professora Elisabete do Nascimento e o prof. João Gilberto dos Santos Ribeiro, pela grande compreensão.

RESUMO

A área de estudo é o trecho do Rio Machado que está inserido no município de Ji-Paraná, que possui a maior população da bacia hidrográfica deste rio. O objetivo principal da pesquisa foi analisar as mudanças morfométricas e morfológicas do canal fluvial do rio Machado nos anos de 1984, 2000 e 2013. Para análise empregou-se a manipulação de imagens de sensoriamento remoto de média resolução espacial e que foram manipuladas em SIG a partir de técnicas de Processamento digital de imagens (PDI). Os resultados revelaram que as principais transformações que ocorreram no canal fluvial do Rio Machado estão associadas com as mudanças na forma de uso da terra. Além disso, comparando-se os anos de 1984, 2000 e 2013, obtiveram-se valores que mostram essas variações, sendo que foram escolhidas para o estudo as variáveis: espelhos de água, ilhas fluviais e bancos de areia. O rio Machado foi dividido em dois segmentos para comparação dos resultados, foram denominados os segmentos de antropizado e preservado. O segmento antropizado reduziu sua extensão em 2,17 %, e o segmento preservado houve aumento em 0,90%. Em relação à outra variável estuda a área do espelho de água no segmento antropizado sofreu decréscimo em sua área de 2,24% e o outro segmento teve acréscimo de 4,49% entre durante esse período. Em relação às ilhas fluviais em todos os dois casos tiveram decréscimo na quantidade de ilhas, mas no segmento preservado foi onde ocorreu maior diminuição na quantidade de ilhas 37,5%, enquanto que no segmento antropizado houve uma queda de 16,08% e por último os bancos de areia, que no segmento antropizado aumentaram 166,67 % a quantidade existente e no segmento preservado aumentou 53,13%. Diante dos resultados apresentados, essas características do canal podem ser tomadas como indicadores de alterações no padrão do canal, necessitando de estudos mais aprofundados para melhor quantificação dessas mudanças.

Palavras chaves: Rio Machado, mudanças morfométricas, mudanças morfológicas, canal fluvial, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

The study area is the stretch of the River Axe which is located in the municipality of Ji-Parana, which has the largest population of the catchment area of this river. Indeed, the main objective of the research was to analyze the morphometric and morphological changes of the river channel of the River Axe in 1984, 2000 and 2013. For analysis was the manipulation of remote sensing images of medium spatial resolution and that have been manipulated in GIS from digital image processing techniques (PDI). The results revealed that the major transformations that have occurred in river channel of the River Axe are associated with changes in the form of land use. In addition, with the comparison of the data in different years, values were obtained showing these variations, which were chosen for the study variables: water mirrors, River Islands and sandbars. The Ji-Paraná River was divided into two segments for comparison of results, were named the antropizado segments and preserved. The antropizado segment reduced its extension in 2.17%, and the preserved segment increased to 0.90%. In relation to another variable studied water mirror area in the antropizado segment suffered a reduction in their area of 2.24% and the other thread had an increase of 4.49% between during this period. In relation to River Islands in both cases had decreased in quantity, but in the segment was preserved where greater decrease in the amount of 37.5%, while Islands in the antropizado segment there was a fall of 16, 08% and lastly the sandbars, which antropizado segment rose by 166.67% the existing quantity and preserved segment rose 53.13%. Given what has been said, these characteristics of the channel can be taken as indicators of changes in the pattern of the canal, requiring deeper studies to better quantify these changes.

Keywords: Rio Machado, morphometric changes, morphological changes, river channel, remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema básico de obtenção de imagens por sensoriamento remoto	17
Figura 2 - Rio Ji-Paraná, banda 3 do Landsat 5, sensor TM	23
Figura 3 - Rio Ji-Paraná, banda 4 do Landsat, sensor TM	23
Figura 4 - Rio Ji-Paraná, banda 3 do Landsat 5, sensor TM	24
Figura 5 - Mapa da Localização do Município de Ji-paraná e área de estudo	34
Figura 6 - Mapa de Geologia da área de estudo	36
Figura 7 - Mapa de Altitude do Município de Ji - Paraná	37
Figura 8 - Mapa Pedológico do Rio Machado, no Município de Ji-Paraná	38
Figura 9 – Carta-imagem da variável corpo D'água, em 1984.....	47
Figura 10 - Carta-imagem da variável corpo d'água, em 2000.....	48
Figura 11 - Carta-imagem da variável corpo d'água, em 2013.....	49
Figura 12 - Ilhas fluviais no ano de 1984	50
Figura 13 - Ilhas fluviais no ano de 2000	51
Figura 14 - Ilhas fluviais no ano de 2013.	51
Figura 15 - Bancos de areia no ano de 1984.....	52
Figura 16 - Banco de areia em 2010.....	53
Figura 17 - Banco de areia em 2013.....	54
Figura 18 - Carta imagem, comparativo da variável corpo d'água, em 1984.....	55
Figura 19 - Carta imagem, comparativo da variável corpo d'água em 2000.	56
Figura 20 - Carta imagem, comparativo da variável corpo d'água em 2013.	56
Figura 21 - Ilhas fluviais no ano de 1984.	57
Figura 22 - Ilhas fluviais no ano de 2000.	58
Figura 23 - Ilhas fluviais no ano de 2013.	59
Figura 24 - Bancos de areia no ano de 1984.....	60
Figura 25 - Bancos de areia, em 2000.	60
Figura 26 - Bancos de areia em 2013	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	SENSORIAMENTO REMOTO: “OLHANDO” À DISTÂNCIA.....	15
2.1	Fundamentos físicos do sensoriamento remoto.....	16
2.2	Potenciais e Limitações do sensoriamento remoto.....	20
3	SISTEMA FLUVIAL.....	27
3.1	Padrões de canais fluviais.....	28
3.1.1	Canais Retilíneos.....	29
3.1.2	Canais Meandrantas.....	30
3.1.3	Canais Entrelaçados.....	30
3.1.4	Canais anastomosados.....	31
3.2	Assoreamento, erosões de margens de leitos fluviais e intervenção humana.....	31
3.2.1	Mudanças nos canais.....	32
4	CARACTERIZAÇÃO DO RIO MACHADO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ-RO 34	
4.1	Ocupação da área de estudo.....	34
4.2	Hidrografia.....	35
4.3	Clima.....	35
4.4	Geologia e Geomorfologia.....	36
4.5	Solos.....	38
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	40
5.1	Processamento digital de imagens.....	40
5.1.1	Aquisição de imagens.....	40
5.1.2	Pré-processamento.....	41
5.1.3	Processamento.....	42
5.1.4	Análise da imagem.....	42
5.2	Elementos e variáveis morfométricas e morfológicas do canal.....	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
6.1	Segmento antropizado.....	45
6.2	Segmento preservado.....	54
6.3	Comparação entre os segmentos antropizado e preservado.....	62
	Considerações Finais.....	64
7	REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O espaço geográfico é o palco das atividades humanas. Com efeito, muitas dessas atividades resultam em alteração das condições naturais do ambiente. Assim, reconhecer e avaliar tais comprometimentos são questões chave da relação homem-meio e um desafio para o profissional em engenharia ambiental. Desta forma, as análises do comprometimento dos recursos naturais levaram a estruturação de técnicas e tecnologias cada vez mais robustas. Neste contexto, destacam-se as tecnologias geoespaciais para coleta, armazenamento e processamento de dados e informações provenientes da superfície terrestre. O sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica se destacam no conjunto de tecnologias geoespaciais devido à possibilidade de análise da superfície terrestre em diversas escalas. Assim, o sensoriamento remoto tem apresentado grande potencial para a aquisição de grandes volumes de dados e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) o potencial de processamento e apresentação de análises variadas.

Dentre as diversas aplicações do sensoriamento remoto e dos SIG's destaca-se, nesta pesquisa a análise dos canais fluviais, que normalmente são objeto de estudo das pesquisas dos profissionais em engenharia ambiental, principalmente por envolver a análise da bacia hidrográfica.

Estas análises levam a compreensão de numerosas questões geomorfológicas, pois os canais fluviais são a forma mais ativa para a esculturação do relevo, e tem importância fundamental para planejamento de uso e ocupação do solo. As mudanças na morfologia dos canais fluviais ocorrem de forma natural, devido o regime hidrodinâmico dos canais como o tipo de carga transportada, a velocidade de fluxo entre outras (SOUZA et al., 2012). No entanto, a dinâmica dos rios vem sendo alterada em função das atividades antrópicas nas bacias hidrográficas.

Os canais fluviais para serem estáveis deve haver o equilíbrio entre os processos de erosão e deposição. Quando um eventual desequilíbrio ocorre entre um desses processos, o canal passa por um processo de reajustamento das suas variáveis morfológicas para que possa alcançar dessa forma uma nova condição de estabilidade, compatível com as novas condições do canal. Essas alterações ocorridas nos canais normalmente não produzem respostas imediatas. Elas são percebidas ao longo do tempo, mas o ritmo acelerado das atividades antrópicas pode causar danos profundos ao meio ambiente, o que causa um rápido desequilíbrio entre a entrada e saída de sedimentos do canal (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Diante desta problemática e dos potenciais de análises do canal fluvial através de

imagens de sensoriamento remoto, esta pesquisa de final de curso teve como objetivo analisar as mudanças morfológicas e morfométricas do canal fluvial do Rio Machado nos anos de 1984, 2000 e 2013, a partir de ferramentas geotecnológicas, nomeadamente sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica. Os objetivos específicos são: descrever as mudanças na sinuosidade do canal nos anos acima citados; descrição da variação do comprimento do canal nos referidos anos; quantificar o número de ilhas e as suas áreas e quantificar o número dos bancos de areia e as suas áreas.

2 SENSORIAMENTO REMOTO: “OLHANDO” À DISTÂNCIA

Na atualidade, não é recorrente, para quem trabalha com sensoriamento remoto, pensar que seu funcionamento é semelhante ao olho humano. Ou seja, capta a radiação eletromagnética e a transmite para sistemas robustos de processamento de dados. Portanto, se faz necessário caracterizar o sensoriamento remoto como um sistema robusto de captura de dados da superfície terrestre. No entanto, antes de aprofundar nos princípios de funcionamento do sensoriamento remoto é pertinente recorrer ao breve histórico de estruturação das câmeras fotográficas acopladas aos balões e até em pássaros.

De acordo com Florenzano (2002), os sensores surgiram para monitorar o espaço geográfico e evoluíram com as guerras, já que uma das primeiras aplicações do sensoriamento remoto foi para o uso militar. Segundo a autora, as câmeras carregadas com pequenos rolos de filmes eram fixadas em pombos, que eram deixados em locais estratégicos para sobrevoarem as posições inimigas e essas fotos obtidas eram valiosas informações de reconhecimento de infraestrutura do terreno dos inimigos.

E dessa forma evoluíram para a substituição dos pombos por balões não tripulados, posteriormente na década de 60 começou a serem utilizados os aviões e por fim no início da década de 70 começou a incorporar os sensores em satélites (FIGUEIREDO, 2005).

O sensoriamento remoto (SR) compõe um conjunto denominado geotecnologias. No entanto, o SR sozinho não fornece dados sobre a superfície da terra já que seus produtos precisam ser processados para melhores análises. Destacam-se neste sentido, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's). Os SIG's formam uma poderosa ferramenta para auxiliar nas pesquisas em diversas áreas do conhecimento, principalmente para área ambiental e é empregado na manipulação de imagens de sensoriamento remoto. A vantagem do uso do SR é a análise remota, em que o sistema imageador e o alvo terrestre não precisam estar em contato físico.

O sensoriamento remoto é definido por Novo (1998), como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamentos de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc. O objetivo principal é estudar os ambientes terrestres através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Diversas são as definições para o SR, das quais se destaca Florenzano (2002), que afirma que “o sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos

de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”. Para Menezes (2012, p. 3), o “sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. Os autores concordam na medida que o SR captam dados e informações à distância, mas divergem quando Florenzano (2002) afirma que o SR é uma tecnologia e Menezes (2012) afirma ser uma ciência.

Outra visão de sensoriamento remoto é apresentada por Jensen (2009, p. 4), que define como sendo:

O registro da informação das regiões do ultravioleta, visível, infravermelho e micro-ondas do espectro eletromagnético, sem contato por meio de instrumentos tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas tais como aeronaves ou satélites, e a análise da informação adquirida por meio visual ou processamento digital de imagens.

As imagens de sensoriamento remoto por si só não sustentam análises mais aprofundadas, sendo necessário recorrer aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's). Normalmente, as técnicas de processamento de imagens estão disponíveis nos SIG's. Sendo que todos os SIG's possuem ferramentas específicas para manipular imagens de Sensoramento Remoto.

O SIG é definido por Câmara et al. (1996), como sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) (2002), o caracteriza como “um sistema que processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies”.

Outra característica dos SIG's é que eles necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível, deve existir uma base de dados integrada, estes dados precisam estar georreferenciados e devem conter funções de análises destes dados que variem de álgebra cumulativa até álgebra não cumulativa (SILVA, 2012).

2.1 Fundamentos físicos do sensoriamento remoto

Para entender a conceituação da técnica sensoriamento remoto, é necessário o estudo entre os elementos que fazem parte do processo: a energia, o objeto e o sensor, integrados pela radiação eletromagnética. A energia proveniente do sol, utilizada no caso dos estudos

referentes aos recursos naturais, se destaca como fonte de energia eletromagnética; o objeto refere-se ao alvo ou elemento do qual se extrai a informação; e o sensor corresponde ao instrumento que coleta e registra a informação refletida ou emitida pelo objeto (TRENTIN, 2009).

Como colocado por Florenzano (2002) na figura 1, em que a energia refletida ou mesmo emitida pela superfície terrestre é captada por sensores eletrônicos que estão instalados nos satélites, e essa energia é convertida em sinais elétricos que são registrados e transmitidos para as estações de recepção na terra. Os sinais recebidos nessas estações são transformados em gráficos, tabelas ou imagens e com a interpretação desses dados se obtêm informações da superfície terrestre.

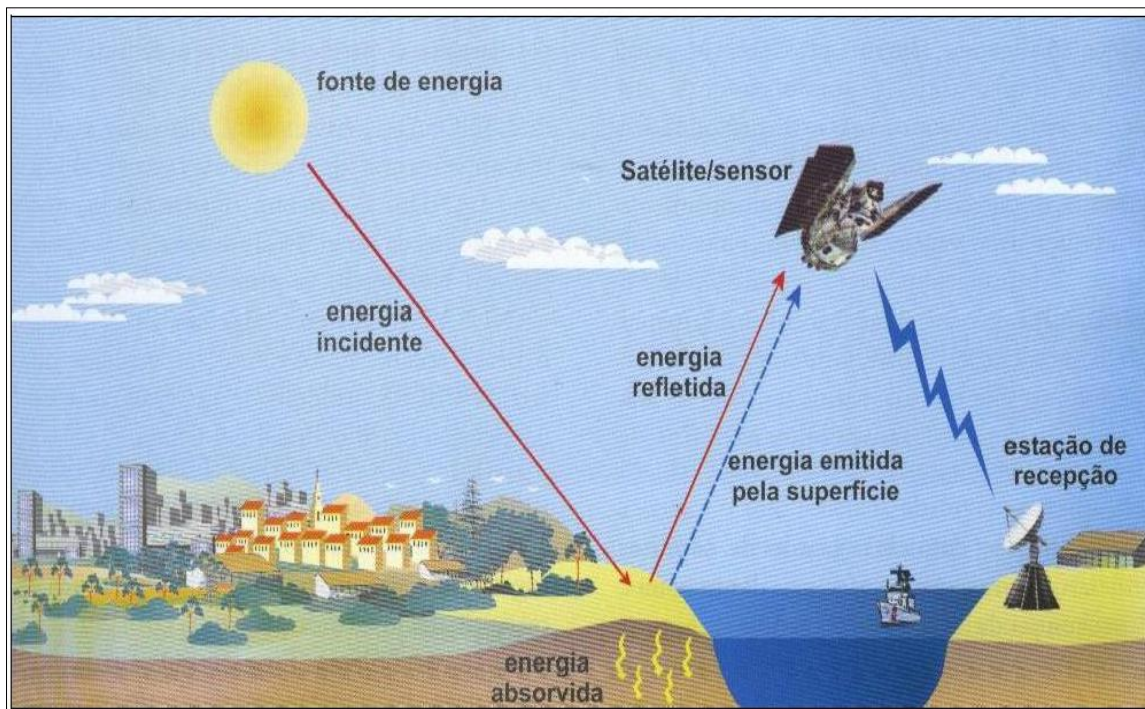


Figura 1- Esquema básico de obtenção de imagens por sensoriamento remoto

Fonte: Florenzano,(2002).

Para a utilização do sensoriamento remoto, precisa-se compreender uma das áreas mais importantes que é a radiometria espectral, que é definida como a medida quantitativa da intensidade de radiação. Por meio da radiometria é que se diferencia o comportamento espectral de cada objeto possível de identificação em uma imagem, neste caso utilizando a radiação eletromagnética que ele apresenta (NOVO, 1998).

Os principais parâmetros radiométricos são a irradiância, radiância, absortância, transmitância e reflectância. A Irradiância é definida por Menezes (2012), como sendo o fluxo

radiante solar incidente na superfície do terreno por área de superfície. Já a radiância é a medida feita pelo sensor da densidade de fluxo radiante que deixa um elemento de área da superfície do terreno.

Em relação Morais (2002) define que o fluxo, quando o mesmo atinge a superfície, ele pode sofrer três processos: reflectância, transmitância e absorvância. Estes processos dependem das características físicas, químicas e biológicas do objeto, o que define a intensidade de reflexão, transmissão e absorção da energia eletromagnética em cada comprimento de onda incidente no objeto.

A absorvância refere-se à razão entre o fluxo de energia absorvido e a energia incidente em uma superfície. A reflectância é dada pela quantidade de energia refletida em razão da energia que incide na superfície. E a transmitância é a razão entre o fluxo transmitido pelo fluxo incidente numa dada superfície (NOVO, 1998).

Sendo assim, cada material tem um comportamento particular em relação à quantidade de radiação que ele reflete, absorve e transmite e isso depende das suas características, físicas, químicas e biológicas. As faixas do espectro eletromagnético utilizadas para o Sensoriamento Remoto aplicado aos estudos dos recursos naturais são: micro-ondas, infravermelho médio, infravermelho próximo e o visível.

De acordo com Figueiredo (2005), para a evolução do Sensoriamento Remoto por satélites, quatro segmentos tecnológicos tiveram grande destaque, primeiramente os sensores, que são os instrumentos que compõem o sistema de captação de dados e imagens, com a sua evolução tem possibilitado a coleta de imagens com uma melhor qualidade e definição. O segundo segmento apontado pelo autor é o sistema de telemetria que é o sistema de transmissão das imagens ou dados para as estações terrestres. Outro segmento apontado pelo autor é o sistema de processamento, que é caracterizado pelos equipamentos computacionais e *softwares* destinados ao processamento, armazenamento dos dados de sensoriamento remoto, em que se destacam os SIG's, e por último o segmento de lançadores, que consiste nas bases de lançamentos e também foguetes que tem por função colocar os satélites em órbita e com o avanço tecnológico permite colocar em órbitas satélites com maior quantidade de instrumentos e conseqüentemente com mais recursos tecnológicos.

O Sensoriamento Remoto pode ser classificado em função da fonte de energia: ativos e passivos; em relação ao tipo de produto: não-imagiadores e imagiadores, sendo a diferença destes últimos é se geram ou não imagem da superfície sensoriada. No entanto, o que interessa a esta pesquisa é detalhar as diferenças existentes no processo em função da fonte de energia uma vez que estes influenciam no tipo de imagem e nos custos.

O Sensoriamento Remoto é classificado em ativo e passivo. O primeiro que é caracterizado por possuir sensores ativos, como por exemplo, RADAR, LIDAR ou SONAR, eles cobrem o terreno com a energia eletromagnética gerada no próprio aparelho e depois registram a quantidade de fluxo radiante espalhado que volta em direção ao sistema sensor. O segundo são os sensores passivos, que registram energia que é refletida ou emitida pela própria superfície do terreno, como é o caso do LANDSAT (JENSEN, 2009).

A partir da classificação supracitada observam-se limitações, especialmente por que os sensores passivos sofrem interferências, por exemplo, de nuvens e da vegetação, no qual a Radiação Eletromagnética (REM) ao atingir a nuvem é refletida, dessa forma a energia que será registrada no sensor será a da própria nuvem e não a dos alvos da superfície terrestre. Esta questão torna-se problemática na Amazônia, onde nos períodos chuvosos ocorrem muitas nuvens.

Apesar das limitações, o Sensoramento Remoto apresenta potencialidades que levou ao uso recorrente desta ferramenta. Neste sentido, Meneses (2012) afirma que:

O Sensoramento Remoto pode ser aplicado para análise dos recursos hídricos, da vegetação, crescimento urbano, mapeamentos temáticos, monitoração ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos florestais, previsões de safras, cadastramentos multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, entre outras. Para esta pesquisa interessa a aplicação do SR aos recursos hídricos, especialmente ao estudo das mudanças dos canais fluviais.

As imagens obtidas por sensoriamento remoto permitem uma visão resumida de áreas, possibilitando uma visão multitemporal e essa visão do meio ambiente permite realizar uma ligação entre as escalas locais, regionais e globais.

Os avanços obtidos com os novos sensores remotos, produzindo dados com melhores resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, permitem mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos e ambientais, por exemplo, com uma rapidez e precisão nunca obtidas anteriormente (FLORENZANO, 2005).

A resolução espacial, representa a capacidade do sensor distinguir objetos. Indica o tamanho do menor elemento da superfície individualizado pelo sensor. Dessa forma ela irá depender principalmente do detector, da altura do posicionamento do sensor em relação ao objeto (INPE, 2002).

De acordo com o INPE (2002), a resolução radiométrica está associada à sensibilidade do sistema sensor em distinguir dois níveis de intensidade do sinal de retorno. Ela pode ser definida como sendo a menor diferença de brilho que um sistema sensor é capaz de perceber e isso vai influenciar se o alvo pode ser visto na imagem, em função de seu contraste com os

alvos vizinhos. Outra característica importante é o número de níveis digitais que são os níveis de cinza, que expressam os dados coletados pelo sensor. O sensor do Landsat possui resolução radiométrica de 8 bits, que corresponde a 256 níveis de cinzas e quanto maior o número de níveis de cinzas, maior será a resolução radiométrica.

A resolução espectral é definida como a menor porção do espectro eletromagnético que um sistema sensor é capaz de segmentar. Ela determina se o alvo pode ser visto na imagem, em função de seu comportamento espectral, sendo uma medida da largura das faixas espectrais do sistema sensor. Por exemplo, um sensor que opera na faixa de 0.4 a 0.45 μ m tem uma resolução espectral menor do que o sensor que opera na faixa de 0.4 a 0.5 μ m (INPE, 2002).

A resolução temporal, segundo Fogiato (2006, p. 23), “é definida como a frequência com a qual um sistema sensor é capaz de imagear um mesmo alvo. Ela determina o período mínimo a ser aguardado para um novo imageamento de determinado alvo”. Essas características se relacionam aos potenciais e limitações do sensoriamento remoto que estão apresentados a seguir.

2.2 POTENCIAIS E LIMITAÇÕES DO SENSORIAMENTO REMOTO

Nesta pesquisa, os potenciais e limitações do sensoriamento foram tratados a partir das características básicas dos sensores orbitais: resolução espacial, temporal, radiométrica e espectral. Estes quatro conceitos são considerados os principais parâmetros de desempenho dos sistemas sensores (NOVO (1998), FLORENZANO, (2002); JENSEN, (2009)).

A partir desses conceitos de resolução apresentados anteriormente, é possível classificar os sensores em: baixa, média e alta resolução. Dependendo do que se deseja trabalhar é que se define qual o melhor satélite e sensor. São apresentados no (Quadro 1), as características e potenciais dos sensores para enquadramento em baixa, média e alta resolução.

Quadro 1 - Características das resoluções espacial, radiométricas e temporal.

Escalas	Resolução Espacial	Resolução Espectral	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
Baixa	Imagens acima de 80 metros. Cartografia de estruturas geológicas regionais; Cartografia de grandes bacias hidrográficas e extensas áreas florestais e agrícolas.	Possui até 05 bandas, São uteis no reconhecimento e registro de estruturas da superfície física da Terra.	Abaixo de 05 bits. Caracterizado por possuir baixo nível de detalhes do objeto.	Maior que 16 dias.
Média	Imagens com 30 metros. Monitoramento de fenômenos naturais, estimativas de fitomassa, monitoramento da cobertura vegetal, secas e inundações, sedimentos em suspensão nos rios e estuários	Possui acima de 07 bandas, são usadas para classificação das propriedades químicas e biológicas da superfície física da Terra;	Sesores de 08 bits- possui 255 níveis de cinza. Melhor detalhamento do alvo.	3-16 dias.
Alta	Até 5 metros. Mapeamentos urbanos e rurais cadastro, redes, planejamento, telecomunicações, saneamento e transportes.	Hiperspectrais acima de 16 bandas- identificação e reconhecimento refinado das propriedades geológicas, químicas e biofisiológicas da superfície física da Terra.	Sensores acima de 10 bits capazes de discriminar objetos cobertos pelas sombras, exemplo satélites meteorológicos.	1 – 2 dias.

Fonte: NOVO, (1998); FLORENZANO, (2002); INPE, (2002).

Com efeito, uma imagem de alta resolução - 5 metros, por exemplo, favorece análise em ambientes urbanos, onde os alvos estão agrupados. Ao contrário, se o objetivo é tão somente analisar a retirada da vegetação um satélite que dispõe de imagens de resolução espacial moderada, 30 metros, é o suficiente.

Para melhor compreensão da resolução espectral, deve-se entender que a energia refletiva é captada e convertida em sinais discretizados em diversas partes do espectro eletromagnético. Essas partes são denominadas no sistema de SR de bandas espectrais. Cada sistema possui um potencial para discriminar a REM em determinada região do espectro. No caso do *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT), um dos programas mais antigos de sensoriamento remoto do mundo, é possível identificar 7 bandas espectrais (Tabela 1).

Tabela 1 - Orientação de aplicação de cada banda Landsat.

Banda	Intervalo espectral (μm)	Principais características e aplicações das bandas TM do satélite LANDSAT-5
1	(0,45 - 0,52)	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides). Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.
2	(0,52 - 0,60)	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	(0,63 - 0,69)	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (ex.: solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (ex.: campo, cerrado e floresta). Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
4	(0,76 - 0,90)	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal). Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais. Serve para separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Serve para mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite a identificação de áreas agrícolas.
5	(1,55 - 1,75)	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.
6	(10,4 - 12,5)	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	(2,08 - 2,35)	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia. Esta banda serve para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal.

Fonte: INPE, (2002).

Como relatado cada banda tem uma aplicação, no presente trabalho foi utilizado a banda 3 (Figura 2) que permite em corpos de água limpa detectar bancos submersos a pequenas profundidades e suas diferentes intensidades de reflectância podem corresponder a variações de profundidade do rio.

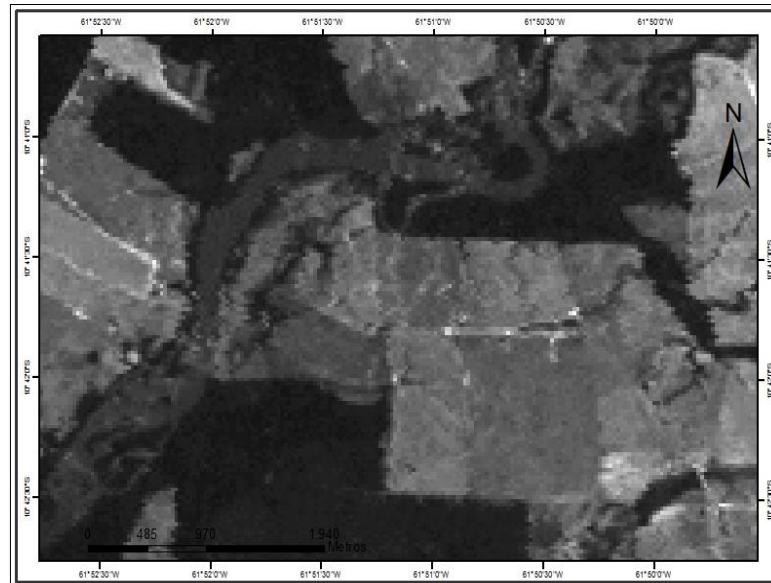


Figura 2 - Rio Ji-Paraná, banda 3 do Landsat 5, sensor TM.

Na banda 4 (Figura 3) os corpos de água absorvem muita energia e com isso ficam escuros em relação aos demais componentes da imagem, o que permite o delineamento dos corpos d'água já que a vegetação verde, reflete muita energia nessa banda o que faz com que se apresente bem mais clara nas imagens, sendo esta a banda mais utilizada para se trabalhar com corpos de água.

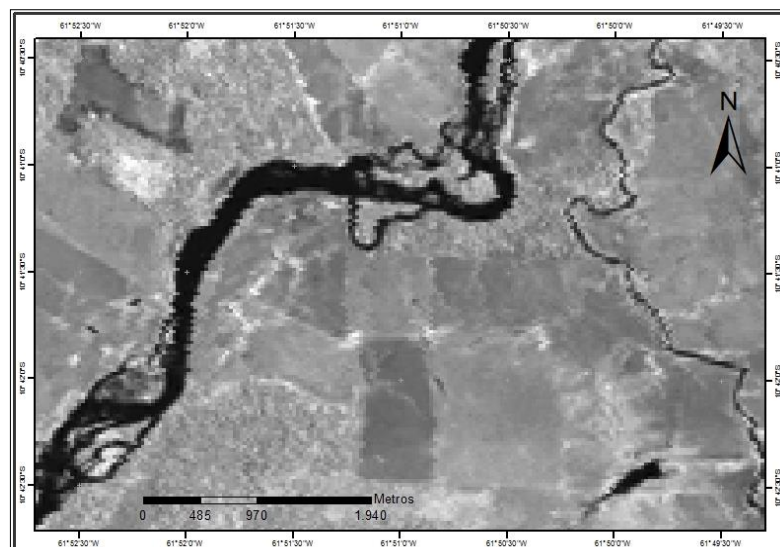


Figura 3 - Rio Ji-Paraná, banda 4 do Landsat, sensor TM.

Por fim, na banda 5, observa sensibilidade ao teor de umidade na vegetação e por isso serve para analisar o estresse na vegetação, causado pelo desequilíbrio hídrico. Essa banda, segundo Moraes (2002) possui a maior variância entre todas as bandas o que lhe

confere maior capacidade de discriminação entre diferentes classes de alvos, contribuindo para obtenção de composições coloridas de alto valor visual com boa expressão do relevo, estradas, cidades e classes de uso do solo, (Figura 4).

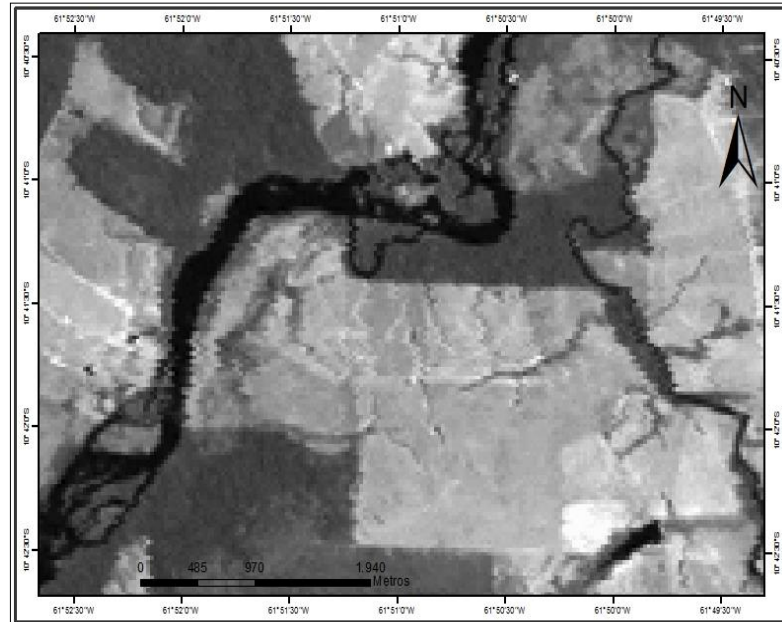


Figura 4 - Rio Ji-Paraná, banda 3 do Landsat 5, sensor TM.

Caso o objetivo seja analisar áreas em períodos chuvosos, sob influências de nuvens, o RADAR é uma boa alternativa. Contudo, os potenciais estão relacionados ainda com os custos dos produtos de sensoriamento remoto. Nos últimos anos os preços reduziram-se bastante, no entanto, ainda são caros os produtos orbitais de RADAR, por exemplo.

Segundo Jensen (2009), quando o sensor for do tipo RADAR, é caracterizado como não intrusivo, que quer dizer, que ele registra passivamente a energia eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos de interesse. Isso é uma consideração que se destaca, pois “o sensoriamento remoto passivo não perturba o objeto ou área de interesse”. Outras vantagens que o mesmo autor cita é que a coleta de dados é feita de uma forma sistemática o que remove o viés que ocorre em algumas amostragens *in situ*. Além disso, o sensoriamento fornece informações biofísicas básicas, como por exemplo, localização x e y, também informações de elevação e profundidade que é apresentado em z; utilizado para dados sobre biomassa, temperatura e teor de água.

Segundo Morais (2002), os sensores remotos permitem a possibilidade de observar a terra como um todo e entre eles os sistemas fluviais o que pode contribuir como meio de monitorar canais com o uso aplicado de variáveis com medidas repetitivas.

Têm possibilitado também, suas aplicações nas áreas de levantamentos de recursos naturais e mapeamentos temáticos, monitoração ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos florestais, previsões de safras, cadastramentos multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, entre outras (MENEZES, 2012).

Nessa temática os SIGs tem grande importância, sendo que eles podem ser utilizados em diferentes áreas como o mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental, ordenamento territorial e os prognósticos ambientais.

As imagens de satélites, ao recobrirem sucessivas vezes a superfície terrestre, possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como os da atmosfera, do vulcanismo, de erosão do solo, de inundação etc., e aqueles antrópicos, como o desmatamento. Esses fenômenos deixam marcas na paisagem que são registradas em imagens de sensores remotos (FLORENZANO, 2002, pág. 55).

Estudos significativos utilizando o sensoriamento remoto para análise dos ambientes naturais estão sendo cada vez mais desenvolvido, como encontrados em trabalhos de Morais (2002), que utilizou produtos de SR para análise das mudanças históricas que ocorreu na morfologia do canal em um trecho do Rio Araguaia nos estados de Goiás e Tocantins, entre as décadas de 60 e 90; Bayer (2002) usou de imagens de sensoriamento remoto para estudar o ritmo de mudanças e o tipo de variações morfométricas/morfológicas da planície fluvial do canal do Rio Araguaia; Assis (2011) utilizou as imagens de satélites e a partir dos dados morfométricos e morfológicos analisou a dinâmica fluvial do rio Cachoeira no estado do Paraná, considerando os anos de 1954, 1980, 1996 e 2005.

Já em relação às limitações do sensoriamento remoto, Camara e Medeiros (1998), apontam uma grande dificuldade que ocorre na maior parte das aplicações utilizando os SIG's e sensoriamento remoto que é o reducionismo, pois normalmente são representados alguns aspectos da natureza a partir da delimitação de uma área de estudo, que normalmente é um polígono com coordenadas geográficas. Isso é caracterizado como uma abordagem ponto-a-ponto em que a área de estudos é dividida em partes e cada parte é examinada e processada separado das demais. Isso gera uma simplicidade de implementação, porém apresenta algumas limitações, como cada parte é considerada independente das outras, não há uma garantia de uma coerência espacial nos resultados.

O sensoriamento remoto ativo é caracterizado por emitir a sua própria radiação eletromagnética e Jensen (2009), aponta que eles podem ser intrusivos e com isso afetar o

fenômeno que está sendo analisando, mas ainda não se sabe o quanto eles podem influenciar nos dados. Outra limitação ao uso do SR, é que ele normalmente é superestimado pelos usuários que o utilizam e esperam que ele forneça todas as informações sobre o fenômeno que está estudando, porém ele simplesmente provê algumas informações do tipo espacial, espectral e temporal.

Em relação às limitações tecnológicas, a obtenção de imagens com alta resolução temporal e espacial, normalmente é difícil, pois quanto maior for a resolução espacial de uma imagem maior será o tempo que o satélite leva para imagear a mesma área, isso ocorre em função da estreita órbita de imageamento. Dessa forma é necessário o conhecimento das potencialidades de cada SIG, pois cada um tem suas vantagens e desvantagens, e um dos elementos fundamentais é as técnicas do processamento digital de imagens.

3 SISTEMA FLUVIAL

As principais transformações que ocorrem nos canais fluviais estão ligadas as mudanças espaciais e temporais que são causadas principalmente pela à erosão, transporte e sedimentação, isso pode ocorrer naturalmente dependendo do regime hidrodinâmico do canal.

De acordo com Christofolletti (1980), as condições climáticas, litológicas, biogeográficas e outras é que vão influenciar a bacia hidrográfica condicionando sua rede de drenagem e formas de relevo. Alcançando a estabilidade, a geomorfologia dos canais fluviais e morfologia só sofrerão as alterações caso ocorra alguma alteração nas variáveis citadas anteriormente.

Se considerar os canais fluviais como sistemas abertos, é possível analisar que eles tendem a manter-se estabilizados, na medida a que as forças atuantes no meio possam ser absorvidas pela flexibilidade existente na estrutura do sistema. Quando se ultrapassa esse grau de absorção há um reajuste do canal em busca de novo estado de equilíbrio (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Em um rio, a velocidade das águas depende de fatores importantes como a declividade do perfil longitudinal, o volume das águas, a forma da seção transversal, o coeficiente de rugosidade do leito e viscosidade da água, fazendo com que a velocidade das águas tenha variações nos diversos setores do canal no qual ela flui (ASSIS, 2011). “Esses fatores também irão determinar os tipos de fluxos que podem ocorrer nos rios, laminar ou turbulento, uniforme ou não uniforme e permanente e não permanente” (MARTINS, 2004).

O fluxo laminar ocorre quando a água escoar sobre um canal retilíneo e com baixa velocidade de fluxo fluindo em camadas paralelas umas sobre as outras; já o fluxo turbulento é caracterizado por movimentos caóticos e heterogêneos com muitas correntes secundárias no sentido oposto ao fluxo principal (CHRISTOFOLETTI, 1980). Ainda, segundo o autor, a dinâmica fluvial é vista como sendo a remoção, transporte e deposição das partículas envolvidas em toda a rede de drenagem e incide diretamente sobre o equilíbrio do sistema fluvial. Quando acontecem distúrbios no sistema, o canal vai se ajustando e se reajustando até encontrar um novo equilíbrio.

Dessa forma as mudanças fisionômicas que ocorrem nos canais fluviais, fazem parte da área de estudo da geomorfologia fluvial, que busca relacionar os processos que ocorrem nos rios e os tipos de mudanças que estes proporcionam, considerando as dimensões temporais e espaciais. E esse aspecto morfológico do canal fluvial vai depender do equilíbrio entre os processos de erosão e deposição dos sedimentos. Pois se ocorrer um desequilíbrio

entre um destes processos o canal terá que se reajustar, para alcançar uma nova estabilidade o que pode ocorrer em um intervalo de tempo rápido ou longo, dependendo da intensidade do desequilíbrio.

Quando o transporte é iniciado, o fluxo irá moldar o canal do rio em formas topográficas que migram progressivamente e mudam em resposta às variações de fluxo. Nos canais aluviais, em função da inconsistência do material de fundo, há uma facilidade para movimentação dos sedimentos e esculturação de formas topográficas (MARTINS, 2004). Contudo, na maioria das vezes essas transformações nos canais não ocorrem de forma rápida, elas são notadas ao decorrer de muito tempo. Mas através das ações antrópicas pode haver uma acelerada mudança nos canais fluviais, causando um desequilíbrio ambiental. Sendo o desmatamento o maior impacto, pois acelera a erosão das vertentes e a intensificação dos processos erosivos, além de promover incremento no fornecimento de sedimentos para os canais (MORAIS, 2002).

Assim, a partir das possibilidades de alteração dos canais dos rios os mesmos podem ser analisados segundo padrões distintos e que serão abordados a seguir.

3.1 Padrões de canais fluviais

Para os estudos dos sistemas fluviais normalmente existem várias formas de classificação, mas para esse estudo será utilizado uma classificação clássica para os padrões de canais, como apresentado por Rust (1978) apud MORAIS, (2002), são eles: canais retilíneos, meandrantas, entrelaçados e anastomosados, e esses padrões são determinados de acordo com parâmetros morfométricos, como a relação largura x profundidade, a sinuosidade e o grau de entrelaçamento.

Quadro 2 - Características das principais formas de canais fluviais.

Tipo de Canal	Morfologia	Razão L/P	Grau de Entrelaçamento	Sinuosidade
Retilíneo	Canais simples com barras longitudinais	< 40	< 1 (canal único)	Baixa (< 1,5)
Entrelaçado	Dois ou mais	Normalmente > 40;	> 1 (canais	Baixa (< 1,5)

	canais com barras e pequenas ilhas	Comumente > 300	múltiplos)	
Meandrantas	Canais simples	<40	< 1 (canal único)	Alta (> 1,5)
Anastomosado	Dois ou mais canais com ilhas largas e estáveis.	Normalmente <10	> 1 (canais múltiplos)	Alta (> 1,5)

Fonte: Rust (1978) apud MORAIS (2002).

Nos canais fluviais normalmente há variações entre dois ou mais padrões morfológicos em seu percurso, pois os canais tentam se ajustar as novas condições locais impostas. Essas mudanças ocorrem com passagens gradativas durante o seu percurso e elas podem ocorrer em função da descarga do rio nas épocas de cheia e estiagem (MORAIS, 2002).

De acordo com Assis (2011) a variável sinuosidade representa a relação entre o comprimento dividido pela distância em linha reta entre os dois extremos do segmento, em que os valores próximos a 1 indicam que o canal é caracterizado como retilíneo e os valores superiores a dois são caracterizados como canais tortuosos e os valores intermediários indicam canais em transição de padrão.

3.1.1 Canais Retilíneos

Os canais retilíneos são caracterizados por terem seu percurso reto, sendo simples, com pouca frequência e na grande maioria das vezes são representados por trechos ou segmentos. Segundo Morais (2002), os canais retilíneos possuem sinuosidade desprezível em relação a sua largura. Seu talvegue é geralmente sinuoso devido ao desenvolvimento de barras laterais dispostas alternadamente em cada margem. Os canais retos podem de acordo com Silva (2012), estarem relacionados a trechos de rios sem controle estrutural, onde a resistividade das rochas impede a formação de leitos aluviais.

3.1.2 Canais Meandrantés

Os rios que apresentam canais meandrantés, são caracterizados pelo transporte de carga em suspensão, sendo cargas com granulometria mais fina. Dessa forma, Peixoto (2007) caracteriza os canais meândricos, como rios que possuem elevada sinuosidade, com curvas harmônicas e semelhantes. Devido ao seu fluxo, ocorre erosão nas margens côncavas e posterior deposição nas margens convexas, o que determina o processo de divagação meândrica. Como colocado por Morais (2002), os meandros são formados quando a fricção da água sobre o leito e os bancos provoca turbulência no fluxo da água gerando instabilidades e promovendo a formação de barras alternadas ao longo do canal. Um fluxo helicoidal é formado com a superfície da água sendo elevado sobre o banco côncavo de cada curva, retornando novamente à profundidade, e posteriormente, o fluxo é direcionado para o banco oposto. Iniciam-se os processos de erosão e sedimentação. A alta velocidade do fluxo erosiona e transporta sedimentos sobre o lado externo da curva depositando o material sobre o lado interno seguinte, formando assim, uma barra em pontal.

3.1.3 Canais Entrelaçados

Os canais entrelaçados apresentam uma grande carga de fundo de granulometria grossa, possui facilidade no processo de erosão das margens, devido possuírem uma grande variabilidade de descarga. A formação desse sistema se dá pela variação de descarga e grande erosão das margens. Isso possibilita a formação de depósitos de barras longitudinais, os quais obstruem a corrente e ramificam o fluxo (SILVA, 2012). Os condicionantes para esse tipo de canal é caracterizado por esse autor como sendo:

- A carga de fundo abundante é quando há um grande aporte de sedimentos a montante do canal e também das margens. E essa combinação pode resultar em um canal entrelaçado devido ao fato dele não conseguir transportar toda essa carga.
- A perda de competência para remover os sedimentos que possuem um maior diâmetro, o que faria com que eles depositassem em barras e com essa deposição causaria à divergência do fluxo que vai em direção as margens o que acelera o processo de erosão e faz com que o canal fique mais raso, porém mais largo.

- As margens erosivas do canal, isso pode ser devido ela ser composta de materiais facilmente erodíveis e também pela falta de vegetação nas margens que as deixa mais vulneráveis.
- E as vazões com alta variação, que causa um aumento na descarga que está associado ao aumento das taxas de sedimentos, o que também vai contribuir para que ocorra a erosão das margens, juntamente com os movimentos irregulares da carga de fundo, todos esses fatores atuando conjuntamente são importantes para a formação de canais entrelaçados.

Já para Morais (2002), os canais entrelaçados são desenvolvidos pela seleção de partículas, no qual ocorrem deposições dos materiais das frações granulométricas que o rio não consegue e a deposição dessa carga no fundo do canal provoca o desenvolvimento de barras que causam a obstrução das correntes do rio e também causam a ramificação.

3.1.4 Canais anastomosados

Em relação aos canais anastomosados, os mesmos caracterizam-se por serem múltiplos, se subdividem e posteriormente se reencontram. A sua formação é explicado por Christifoletti (1980), e está relacionado com a carga sedimentar de leito, no qual o rio transporta materiais grosseiros em grande quantidade, porém não possui potência suficiente para conduzir até a base final e acaba depositando no próprio leito, e isso se torna um obstáculo natural que faz com que o rio se ramifique em múltiplos canais.

Outra explicação é apresentada por Peixoto (2007), que o caracteriza como:

Canal ramificado em diversos canais menores. Em que o grande volume de cargas de fundo juntamente com as condições de fluxo, provoca o surgimento de bancos de areia ou sedimentos e também de ilhotas, que provocam a ramificação do canal e com a variação entre os períodos de cheias e vazantes aliado à baixa resistência das margens dos rios, faz com que as dimensões e posições da margem do canal se alterem, provocando indefinição de suas margens.

3.2 Assoreamento, erosões de margens de leitos fluviais e intervenção humana.

Segundo Dill (2002) o processo de erosão hídrica pode variar de acordo com alguns fatores, como a energia da chuva, a cobertura e resistência do solo, que influencia na quantidade de sedimentos que é carregado para o rio, à existência da mata ciliar que evita o assoreamento e a erosão, a declividade e também as práticas de gestão hídrica que tem extrema importância na avaliação do uso e manejo correto das bacias hidrográficas.

Um dos sistemas naturais que é muito afetado pela ação antrópica são as bacias hidrográficas, em que os canais fluviais têm o seu traçado e sua profundidade alterada de forma significativa e muitas das vezes as consequências dessas ações não estão previstas pelo homem, como por exemplo, aumento da velocidade das correntes do canal o que vem a causar uma maior erosão e transporte dos sedimentos, que pode causar inundações no período chuvoso.

Outro exemplo é o caso das florestas, no qual a maior parte da água das chuvas fica retida nas folhas o que minimiza a velocidade com que a gota cai no solo e conseqüentemente o impacto que está causa que provoca certa compactação no solo, além de que sem a cobertura vegetal ocorre um maior escoamento superficial.

Outro problema que tem causado grande impacto aos leitos fluviais é a poluição/contaminação dos recursos hídricos e do solo causado por ações antrópicas. A planície fluvial se torna um depósito dessas substâncias poluentes que são originadas pelas atividades agrícolas, pelas descargas industriais juntamente com os efluentes urbanos e também a atividade mineradora.

Dessa forma Dill (2002), ressalta a importância do conhecimento do uso da terra de uma determinada bacia hidrográfica, fazendo necessário confrontar os usos que fazem nessa bacia com a real capacidade desta, para assim evitar o mau uso, que trás danos ao meio ambiente o que causa processos de erosão, contribuindo com o assoreamento de cursos d'água e conseqüentemente inundações.

Para Silva (2012) o estudo dos padrões de canais fluviais é um importante instrumento para ser utilizado como base para a seleção de áreas para conservação e preservação, especialmente na Amazônia, onde a dinâmica fluvial tem grande representatividade espacial e processual.

3.2.1 Mudanças nos canais

Os canais podem sofrer alterações devido às ações naturais da dinâmica do rio e também por ações antrópicas, tais alterações podem ser influenciadas pelo tipo de solo, vegetação, clima e relevo.

Para Morais (2002) o canal pode exibir as condições superficiais da bacia dependendo da magnitude relativa das mudanças do fluxo e da produção de sedimentos. Com efeito, a retirada da vegetação pode ser considerada a prática antrópica que mais contribui para a

produção de sedimento numa bacia hidrográfica. Segundo Assis (2011), a partir da retirada da vegetação o rio fica totalmente vulnerável a erosão das suas vertentes e ao transporte de sedimentos de outras partes da bacia, o que vai provocar o assoreamento do canal, além das alterações nas características do escoamento.

Devido à importância das características edafoclimáticas para compreensão do estudo do canal, apresenta-se a seguir uma breve descrição dessas características do Rio Ji-Paraná.

4 CARACTERIZAÇÃO DO RIO MACHADO NO MUNICÍPIO DE JI-PARANÁ-RO

A área em estudo está inserida no município de Ji-Paraná (Figura 5), que está localizado na porção centro-leste do estado de Rondônia, na região Norte do país. Ji-Paraná limita-se a sul com o município de Presidente Médice, a leste com o estado do Mato Grosso e a oeste com os municípios de Vale do Paraíso, Theobroma, Ouro Preto do Oeste e Teixerópolis.

O rio Rio Machado ou Ji-Paraná divide o município e também a área urbana deste em duas partes. Denominadas 1º e 2º Distrito.

4.1 Ocupação da área de estudo

A ocupação da região se intensificou com a distribuição de terras a partir de projetos dirigidos de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que resultou na conversão de grandes áreas de floresta para criação de gado bovino (CIM, 2003).

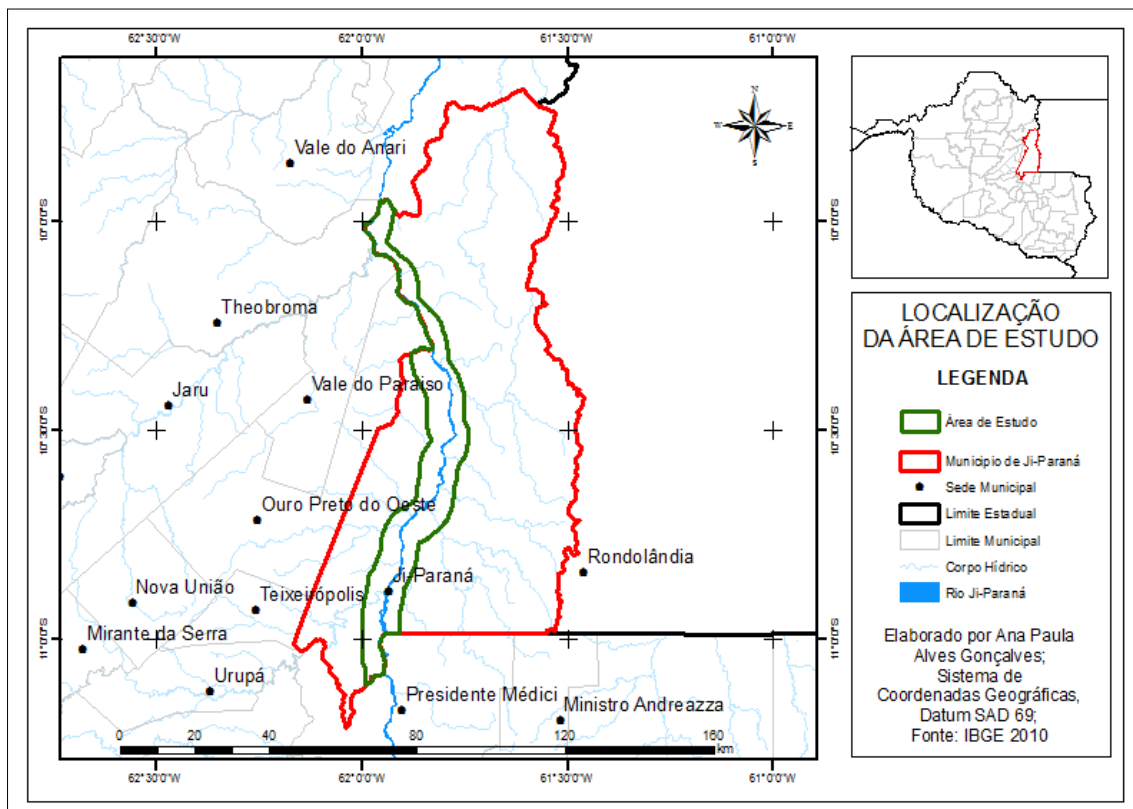


Figura 5 - Mapa da Localização do Município de Ji-Paraná e área de estudo.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) a população de Ji-Paraná é de 116.610 habitantes. A ocupação da região em 1909, quando Marechal Rondon construiu uma estação telegráfica às margens do rio Ji-Paraná, no então povoado de Vila de Rondônia, primeira denominação da cidade de Ji-Paraná. No entanto, foi à implantação, na década de 60, da BR-29, hoje BR 364 a principal motivação da efetiva ocupação do município (BRASIL, 2007; IBGE, 2010).

4.2 Hidrografia

O rio Machado é o principal afluente do rio Madeira no estado de Rondônia, ele tem a segunda maior e mais importante bacia hidrográfica do estado. Sendo formado nas proximidades da cidade de Pimenta Bueno pela junção do Rio Comemoração e do Rio Pimenta Bueno. Sendo o Rio Machado, segundo Zimpel Neto (2009), considerado o rio mais extenso do Estado de Rondônia e possui um complexo hidrográfico que abrange uma superfície aproximada de 92.500 Km² e atravessa o estado de Rondônia no sentido sudeste-norte.

4.3 Clima

O clima do estado de Rondônia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw - Clima Tropical Chuvoso, que possui como características ser úmido e quente, além de possuir uma estação seca bem definida (SEDAM, 2010). As temperaturas médias anuais de Ji-Paraná variam entre 23,5°C a 25,5°C, conforme a localização geográfica dentro do seu território. Já a precipitação pluvial anual varia de aproximadamente 1950mm a 2350mm. Sendo que o período chuvoso ocorre nos meses de Outubro a Abril, os meses de transição Maio e Setembro e os meses secos são de Junho a Agosto (SEDAM, 2010). Esta informação é importante na medida em que a principal entrada de água na bacia hidrográfica ocorre por meio das chuvas. Como se observa a região possui precipitação elevada. Toda a chuva atinge ambientes geológicos e geomorfológicos variados, que serão descritos no próximo tópico.

4.4 Geologia e geomorfologia

A área que está assentada o município de Ji-Paraná é sustentada estratigraficamente pelo embasamento cristalino Pré-Cambriano, denominado de Complexo Jamari (Figura 6) “Unidade estratigráfica mais antiga desta parte do Craton Amazônico, representada por rochas polideformadas, com metamorfismo de grau médio a alto, constituída por gnaisses, migmatitos, granitos, anfibolitos e granulitos” (EMBRAPA, 2005, pág. 5). Identificam-se assim nas áreas centrais e sul manchas de Sedimentos Indiferenciados e do Grupo Vulcano-Sedimentar Mutumparaná-Roosevelt. Além disso, ocorre na área a Suíte Intrusiva Serra da Providência (interior da Terra Indígena Igarapé Lourdes, em área preservada) e ao norte do município está localizados o Supergrupo Gnaiss-Migmatito Jarú, este também com manchas de Mutumparaná-Roosevelt.

São encontradas áreas de Depósito Coluvionares e Aluvionares que estão depositadas em canais fluviais como caso do rio Machado, planícies de inundação e lagos, são caracterizados pela presença de materiais detríticos pouco selecionados, compostos por sedimentos arenosos, siltosos e argilosos (QUADROS E RIZZOTTO, 2007).

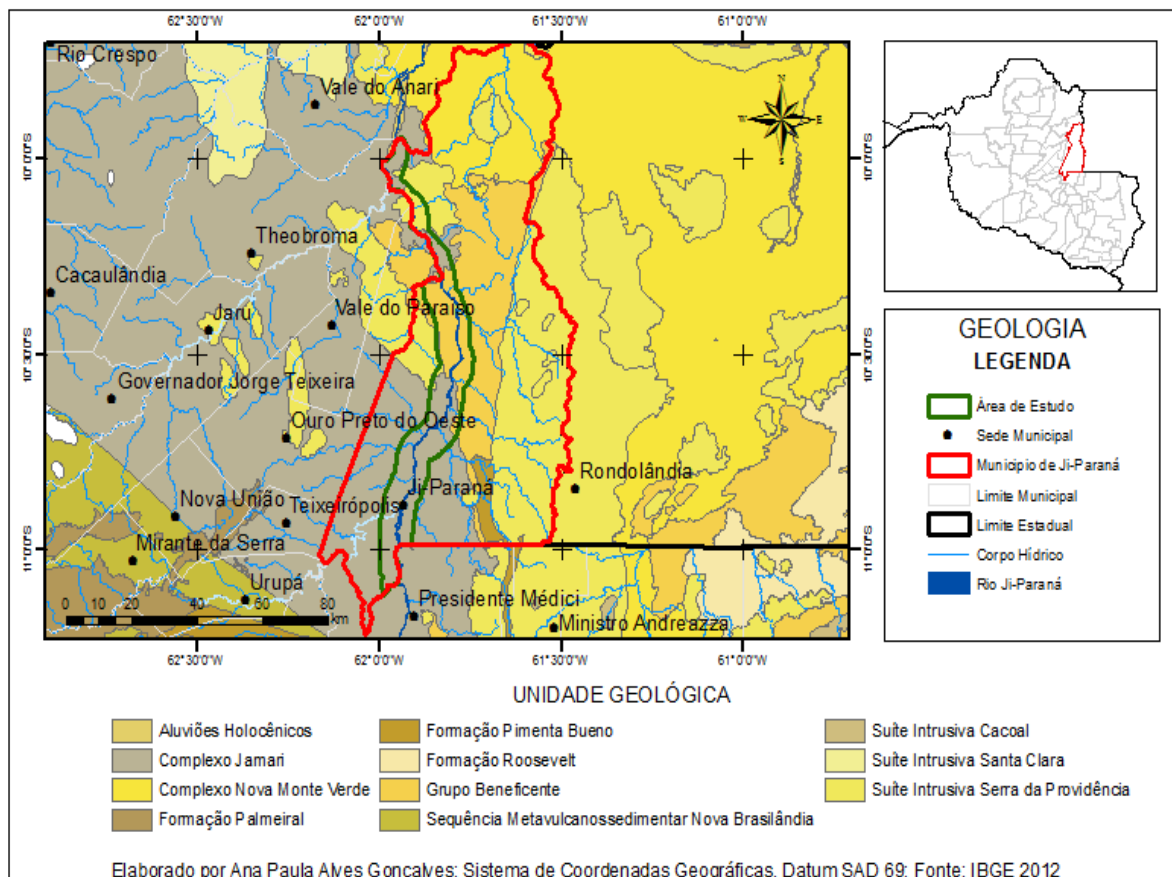


Figura 6 - Mapa de Geologia da área de estudo.

Em relação à geomorfologia o município de Ji-Paraná está localizado sobre o Planalto Dissecado Sul da Amazônia e pela Depressão Interplanáutica da Amazônia Meridional Carreira et al. (2011). Planalto Dissecado Sul da Amazônia apresenta área rebaixada, apresentando altimetria média de 220m, entalhada pela rede hidrográfica do Rio Ji-Paraná, que provoca uma dissecação de relevo em morros, colinas e interflúvios tabulares (SILVA, 2008).

As altitudes variam entre os 200 a 300 metros, sendo que há pontos ondulados e fortemente ondulados, já o Rio Ji-Paraná tem seu leito em menores altitudes variando entre a faixa de 133-157m, (Figura 7) (BRASIL, 2007).

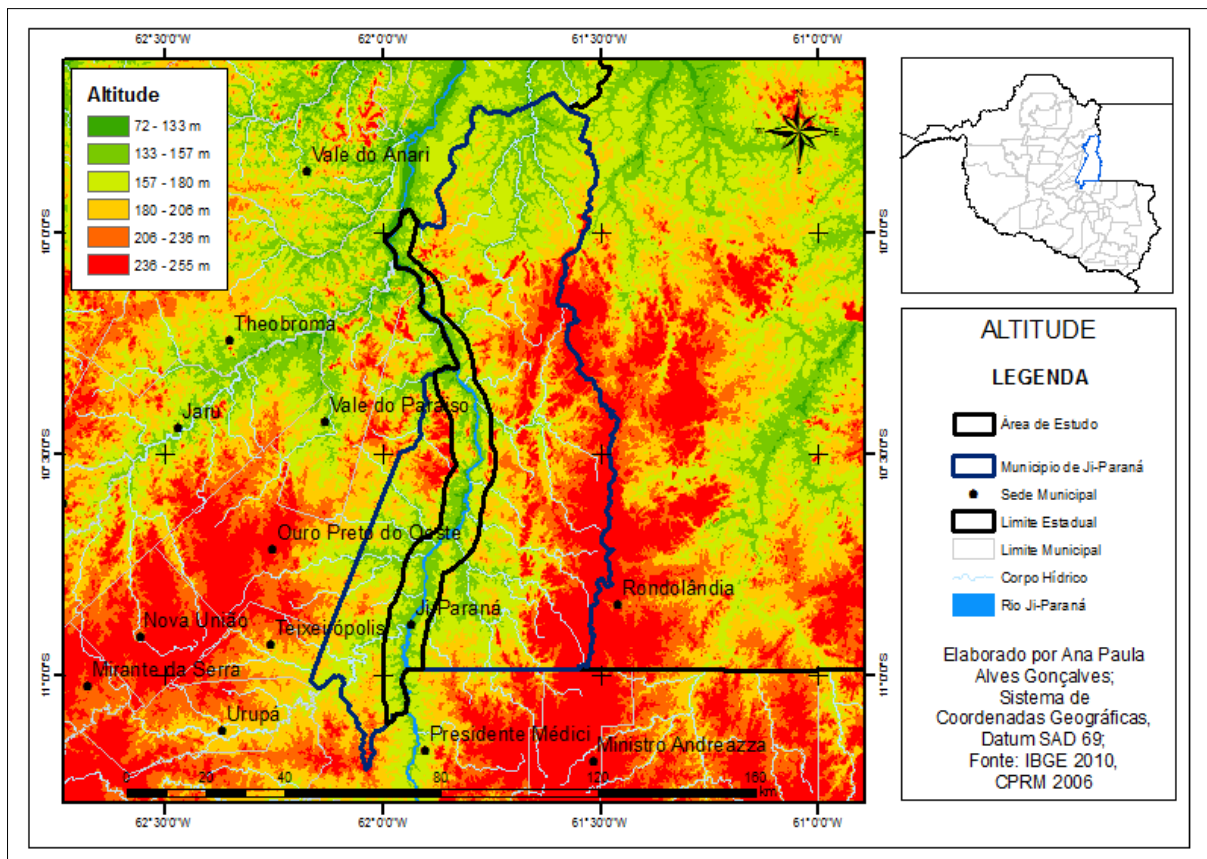


Figura 7 - Mapa de Altitude do Município de Ji – Paraná.

As condições da geomorfologia são importantes no transporte de sedimentos, pois irão condicionar os processos de erosão, transporte e sedimentação, uma vez que influenciam na velocidade do fluxo, na declividade do terreno e com isso no tamanho dos sedimentos que são transportados pelo rio.

4.5 Solos

Os solos identificadados no município de Ji-Paraná são em sua grande maioria do tipo Argissolos, como pode ser observado na Figura 8. Esses solos são caracterizados por serem solos bem intemperizados, apresentando marcante diferenciação de horizontes, sendo o Horizonte B com acúmulo de argila, é uma classe relativamente heterogênea, compreendendo muitos solos intermediários para outras classes, principalmente Latossolos, em que muitas das vezes ocorrem associados, uma vez que desenvolvem também em condições de ambiente tropical-úmido, “sendo observada na área de estudo a presença de: Argissolos Vermelhos, Argissolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelho-Amarelo” (LEPSCH, 2010, p. 175). Desta forma, estes solos são resistentes ao processo de lixiviação das águas das chuvas.

Contudo, nas nascentes dos rios que drenam para o Machado identificou-se a presença dos neossolos litólicos. No geral, os neossolos são pouco resistentes, de formação recente com presença de areias o que favorece na área em estudo a presença de areais isolados. Este solo é pouco resistente ao processo de lixiviação dos solos, podendo ser carreados para o leito dos rios.

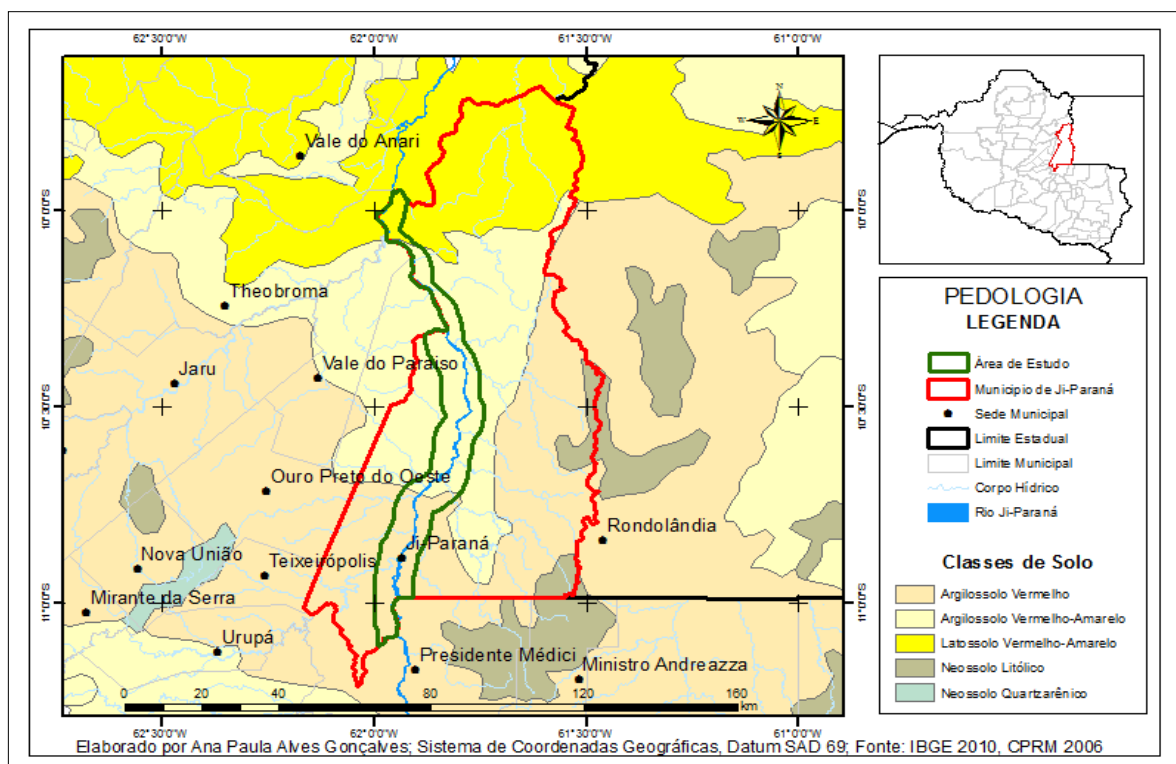


Figura 8 - Mapa Pedológico do Rio Machado, no Município de Ji-Paraná.

Após a caracterização edafoclimáticas apresenta-se a seguir os procedimentos metodológicos para a análise proposta.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Processamento digital de imagens

As técnicas de processamento digital de imagens (PDI) são variadas e varia de SIG para SIG. No entanto, técnicas adequadas para um objetivo específico podem se mostrarem inadequada para outros. Por isso, é importante reconhecer as potencialidades do PDI para explorá-las ao máximo.

Neste estudo a fase de processamento digital de imagens se consistiu das seguintes etapas: Aquisição de imagens, pré-processamento, realce de imagens e análise de imagens. A função primordial do pré-processamento é melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes, sendo que para isso algumas técnicas são aplicadas como o registro, realce de contrastes, remoção de ruídos, etc. (GONZALES e WOODS, 2000).

Outra importante função do PDI é classificar a imagem em partes homogêneas. Em relação à Classificação, Carvalho (2003), define que a classificação é “um processo de extração de informações da imagem, dividida em classes, podendo ser realizada de forma supervisionada, a partir da coleta de amostras na imagem e não supervisionada onde o programa utiliza de propriedades estatísticas para classificação de imagem”.

A manipulação de dados de SR ocorre em SIG a partir do Processamento Digital de Imagens (PDI), o qual foi realizado em três etapas básicas: Aquisição de dados, processamento (pré-processamento, realce) e análise dos dados.

5.1.1 Aquisição de imagens

As imagens analisadas correspondem as imagens disponibilizadas gratuitamente no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Assim, obtiveram-se imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, resolução espacial de 30m, pertencentes à órbita e ponto 231-67 e 231-68, respectivamente. As imagens são referentes aos períodos de Agosto 1984 e Agosto de 2000. Também foram utilizadas imagens de satélite Resource Sat, da orbita 313-84, referente ao mesmo período do ano de 2013. Para a seleção das imagens considerou-se a data das mesmas, sendo escolhidas imagens que apresentavam menor cobertura de nuvens, mas todas referentes ao mês de Agosto de 1984, 2000 e 2013.

Além disso, selecionou-se as bandas espectrais 3, 4 e 5 do Landsat 5 TM , para efetuar o mapeamento do canal do rio Machado no município de Ji-Paraná e do satélite Resource Sat, foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4. Essas bandas fornecem a composição colorida dita falsa cor, que melhor apresenta resultados para análise do uso da terra.

5.1.2 Pré-processamento

Todo o processamento foi realizado no Sistema de Processamento de Informação Georeferenciada (SPRING), versão 5.5, que também é disponibilizado sem custos pelo INPE. Do processamento destaca-se o pré-processamento, que é caracterizado por ser a etapa que visa remover ou corrigir os erros e as distorções introduzidos nas imagens pelos sistemas sensores devidos a erros instrumentais (ruídos espúrios), às interferências da atmosfera (erros radiométricos) e à geometria de imageamento (distorções geométricas). No conjunto, os erros ou distorções que as imagens estão sujeitas, vão se apresentar nas deformações de escala, incorreções nas posições espaciais dos pixels, perda de contraste entre os alvos ou registros incorretos dos valores digitais dos pixels (MENEZES, 2012).

O recorte da imagem foi realizado a partir do polígono limite digitalizado com 5 quilômetros de largura a partir da área de interesse, neste caso o rio Ji-Paraná, sendo o tamanho desse recorte feito de forma aleatória, já que a objetivo desse estudo é o rio e não a sua bacia hidrográfica. Através das imagens, foi possível identificar dois segmentos distintos de uso e ocupação na área do rio Machado no trecho inserido no município de Ji-Paraná. O segmento 1 vai do limite sul do município até o limite onde começa a terra indígena Igarapé Lourdes e o segmento 2 denominado Preservado, inicia-se no referido ponto da terra indígena e vai até o limite norte do município de Ji-Paraná.

No pré-processamento destaca-se o georreferenciamento das imagens, que é de extrema relevância, pois elimina o erro de posicionamento remanescente. Sendo a etapa final do processamento de correção das distorções geométricas da imagem. O processo de georreferência é descrito por Teixeira e Christofolletti (1997), como sendo “a situação em que uma entidade geográfica é referenciada espacialmente ao terreno por meio de sua localização, utilizando-se para tal um sistema de coordenadas conhecido no qual a localização de um ponto da superfície da Terra pode ser identificada”. A escolha dos pontos de controle visíveis na composição falsa-cor e na carta topográfica foi levada em conta o cruzamento de rodovias, trevos urbanos e rios, pois é mais fácil a visualização para evitar dessa forma o erro.

5.1.3 Processamento

Após o pré-processamento aplicou-se realce digital nas imagens, cujo objetivo é modificação dos níveis de cinza ou dos valores digitais de uma imagem, através de funções matemáticas de modo a destacar certas informações espectrais (SANTOS et al., 2010). Dessa forma o realce melhora as condições de visualização da imagem a partir dos espalhamentos dos tons de cinza, com isso melhora o discernimento das feições de interesse, uma vez que a visualização de contrastes e contornos ficam otimizados o que melhora a interpretação dos componentes integrantes do rio Ji-Paraná.

5.1.4 Análise da imagem

O processo de análise é realizado também em SIG a partir de ferramentas de classificação. Contudo, alguns processos de classificação exigem a segmentação, que é um processo de rotulação de elementos conectados por alguma semelhança estatística nos valores dos *pixels*. Segundo Santos et al. (2010), o objetivo da segmentação de imagens é fragmentar uma região em unidades homogêneas, considerando algumas características intrínsecas, como, por exemplo, o nível de cinzas dos pixels, textura e contraste, sendo esta parte integrante da classificação.

O resultado final do processo de segmentação constitui uma imagem rotulada, na qual cada região representa um determinado valor digital (rótulo) e que posteriormente será classificado. Para o processo de Segmentação foi utilizado o método crescimento por regiões, considerando os valores de 15 para similaridade e 20 para área de agrupamento de pixels. Importante ressaltar que estes valores dependem da qualidade requerida pelo usuário e também da resolução da imagem a ser analisada. Os valores de similaridades correspondem a tese de hipóteses e são arbitrados até que se satisfaça a necessidade da pesquisa, ou seja, não há um limiar ideal.

O SPRING inclui vários tipos de classificadores, como Ioseg, Bhattacharyya e ClaTex. Para a escolha do algoritmo classificador, primeiramente foi feita classificação com dois métodos o *Bhattacharya* e *Ioseg*. Sendo que o classificador *Bhattacharya*, é utilizado para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, (BRITES, et al. 2012). Este método possui a presença da fase de treinamento, onde o usuário define quais as classes de uso do solo que a imagem possui e identifica as áreas de treinamento representativas dos pixels das classes que ele criou. Posteriormente a imagem é classificada

de acordo com as classes de usos que se assemelha. Para este estudo foi utilizado um limiar de aceitação de 99%. Já o Isoseg, segundo o INPE (2002), refere-se a “um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionados aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez, foram caracterizadas por atributos estatísticos de média, matriz de covariância e também pela área na fase de extração de regiões”.

Ao final do processo de classificação das imagens, foram obtidas imagens da cobertura terrestre para as três séries temporais distintas, com os dois métodos classificadores selecionados, viabilizando a partir destes, quantificar a área de cada uma das classes adotadas, bem como investigar as mudanças corridas no canal do rio Ji-Paraná durante o período analisado. Assim ao comparar os dois métodos Batacharia e Isoseg, serão selecionados aquele que apresentar melhor resultado e com ele será realizado as posteriores análises.

5.2 Elementos e variáveis morfométricas e morfológicas do canal

As feições fluviais do rio Machado, para simplificação das análises, foram definidas em três classes representando os elementos hidrográficos e morfológicos do canal fluvial, que também foram utilizadas em estudos similares por Morais (2002); Assis (2011):

- 1 – Corpo de água: Representado pela área superficial constituída pelo espelho de água;
- 2 – Ilhas: Elementos morfológicos do canal fluvial são formados por sedimentos depositados, cobertos por vegetação, aparentemente estáveis e de dimensões variadas;
- 3 – Bancos de Areia: Elementos morfológicos resultado de acumulação de material sedimentar arenoso no leito fluvial e de caráter móvel.

Definidas essas classes foi feita a elaboração de mapas temáticos digitais com o objetivo de adquirir quantificação das classes acima descritas. Essas informações quantificadas são de fundamental importância para a análise pretendida nesse estudo.

Para obtenção de valores quantitativos foram definidas algumas variáveis que foram utilizadas em outros estudos como de Morais (2002); Bayer (2002) e Assis (2012), para servirem como parâmetro de comparação entre os anos estudados e também entre os dois segmentos em que foi dividido o rio Machado, tornando possível verificar a dinâmica do canal e a comparação entre os trechos do rio que teve intensa atividade antrópica com o trecho preservado do rio.

- 1 – Extensão do Canal: Refere-se ao comprimento do canal em km;

- 2 – Índice de Sinuosidade: é definida pela razão entre o comprimento do rio principal e o comprimento do talvegue em linha reta.
- 3 – Área do Canal: Corresponde ao valor da área ocupada pelo canal;
- 4 – Número de ilhas: Quantidade de ilhas vegetadas identificadas no canal;
- 5 – Área das Ilhas: Refere-se à área ocupada pelas ilhas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após realizar o processamento digital das imagens observou-se que os resultados poderiam ser melhores apresentados a partir de dois segmentos, pois resultou em maior facilidade de visualização. Contudo, o principal motivo para esta segmentação está na observação da revisão teórica, que deu conta de que as áreas mais preservadas apresentam menor sedimentação do que as áreas mais antropizadas.

Assim, a área em estudo apresenta duas unidades de paisagem distintas pelo uso da terra, uma preservada e outra mais antropizada. Essas duas partes foram denominadas aqui de segmento. O primeiro, que vai do limite sul do município de Ji-Paraná com o município de Presidente Médice ao limite sul da Terra Indígena Igarapé Lourdes, foi denominado Segmento Antropizado. Nesse segmento identificou-se alta pressão antrópica, especialmente com a presença da cidade de Ji-Paraná e vastas áreas de pastagens. O segundo segmento, que se inicia da partir do limite sul da Terra Indígena Igarapé Lourdes até o limite norte do município de Ji-Paraná, onde se identificou áreas mais preservadas, portanto, foi denominado Segmento Preservado. Estas áreas mais preservadas estão relacionadas à presença da Terra Indígena e da Reserva Biológica do Jaru.

Assim, a partir destas considerações são apresentadas a seguir as análises morfométricas: índice de sinuosidade, extensão do segmento, número de ilhas fluviais e número de bancos de areia. Para melhor visualização de como evoluíram as mudanças nos segmentos, após a descrição morfométrica e morfológica das variáveis, é apresentado os mapas referentes aos três períodos analisados 1984, 2000 e 2013 e também a comparação dos dois métodos de classificação empregados, o Batacharia e o Isege.

O método escolhido para realização das análises foi o Batacharia, pois é um método de classificação supervisionada, no qual o usuário aponta as classes, normalmente apresenta uma melhor matriz de confusão e erro, o que foi encontrado em resultados de outros estudos, como Moreira, (2007) e Oliveira et. al (2009).

6.1 Segmento antropizado

Este segmento do rio foi caracterizado pelo intenso desmatamento em suas margens, com a supressão de parte das matas ciliares. Também é nesse trecho que se encontra localizada a cidade de Ji-Paraná. O tipo de solo característico deste segmento é o Argissolo Vermelho, com uma altitude média variando de 157 a 180m, a principal forma de vegetação

encontrada nesse segmento é a pastagem, pois é uma área de intensa criação de bovinos, que maioria das vezes inflige às leis ambientais, já que não respeitam as Áreas de Preservação Permanente.

A Tabela 2 apresenta a síntese dos resultados para este trecho em que se destaca o expressivo aumento dos bancos de areia (166,67%). Destaca-se ainda a redução da área das ilhas (-16,08%).

Tabela 2 - Valores quantitativos das variáveis estudadas no segmento antropizado.

Variáveis do canal	1984	2000	2013	Variação (1984-2013)	Variação %
Índice de sinuosidade	1,26	1,25	1,23	0,03	-2,38%
Extensão do segmento (Km)	65,97	65,77	64,54	1,43	-2,17%
Área do espelho de água (Km ²)	14,72	15,35	15,05	0,33	2,24%
Número de ilhas vegetadas	52	47	48	4	-7,69%
Área das ilhas vegetadas	10,26	9,16	8,61	1,65	-16,08%
Número de bancos de areia	3	6	8	5	166,67%
Área dos bancos de areia	0,055	0,046	0,085	0,03	54,55%

O índice de sinuosidade do canal no ano de 1984 foi de 1,26, sendo que houve uma redução para o ano de 2000 e foi encontrado o valor de 1,25. O valor da sinuosidade continuou a diminuir no ano de 2013 chegando ao valor de 1,23.

De acordo com estes resultados foi possível considerar a sinuosidade baixa (**Quadro 2**), o que permitiu caracterizar o Rio Ji-Paraná como um canal retilíneo nesse segmento. Mas como já foi comentado anteriormente existe uma passagem gradativa de um tipo de canal para o outro e se analisarmos um trecho mais curto do rio Ji-Paraná, entre o seu limite inferior até a cidade de Ji-Paraná, podemos ver que o valor da sinuosidade aumenta para 2,88. Dessa forma este trecho se enquadraria em alta sinuosidade, já que está acima do valor de 1,5 (**Quadro 2**) e como apresenta dois ou mais canais com ilhas largas e estáveis, podendo ser classificado nesse trecho, como anastomosado. Sendo assim é importante salientar que para classificar os padrões de canais a extensão do segmento é fundamental para a análise.

O comprimento do canal no segmento Antropizado em 1984 era de 65,97 km passando para 65,77km no ano de 2000, percebe-se uma pequena alteração no comprimento de 0,20km e para o ano de 2013 o comprimento do segmento baixou para 64,54km, variando o comprimento 1,23km. Esta variação pode estar associada à dinâmica natural do rio ou também as influências antrópicas de uso que pode acarretar alta sedimentação no canal, portanto variação das características físicas.

A área do espelho de água apresentou uma variação no Segmento Antropizado passando de 14,72 km², no ano de 1984, para 15,35 km² em 2000, ou seja, aumento em sua área de 0,63 km². Ao contrário, no ano de 2013 houve decréscimo de 0.30 km², resultando no valor de 15,05 km². Com efeito, esta variação pode ser explicada de diversas formas. Além da interferência do variável comprimento do rio que variou nesses três anos como já foi comentado anteriormente, também pode ter ocorrido diferença nas vazões presente no rio no momento do imageamento pelo sensor remoto, apesar de ter escolhido as imagens do mesmo período para atenuar essa variável, pode ser também que a largura do rio possa ter diminuído e com isso a área do espelho de água também.

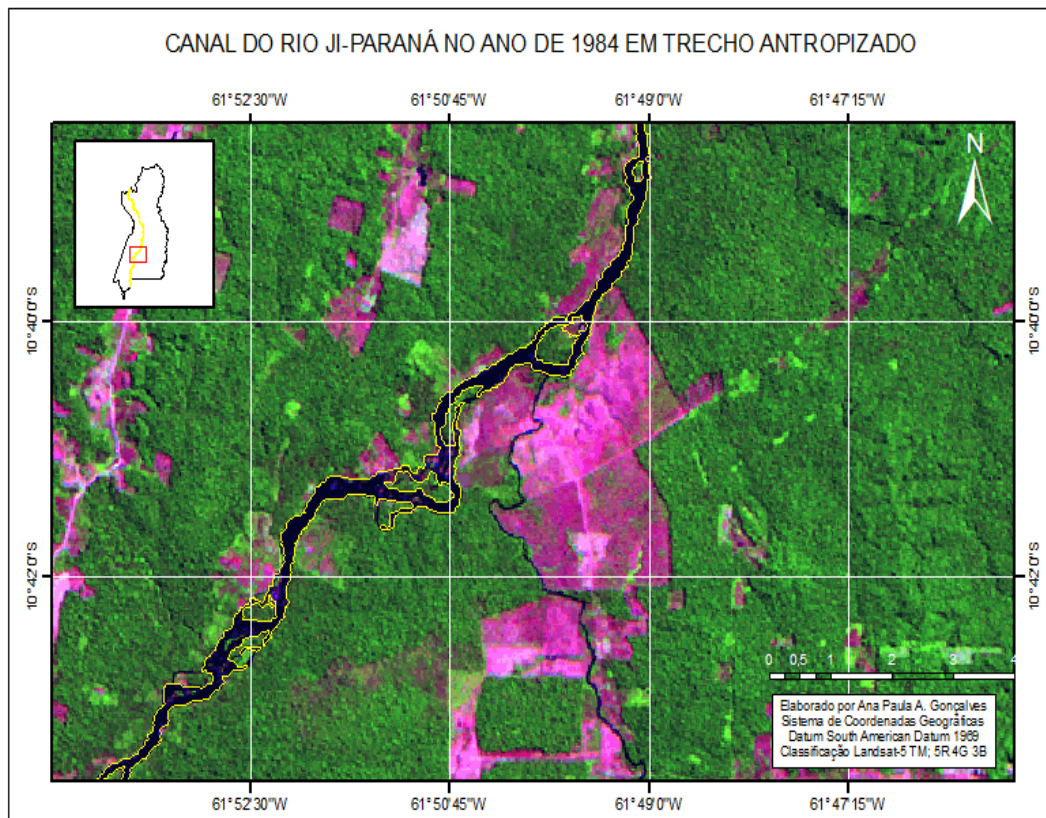


Figura 9 – Carta-imagem da variável corpo D'água, em 1984

Ao contrário, a Figura 9 revela a alteração da área, especialmente com a retirada da vegetação. Para este trecho não se pode afirmar que houve aumento de sedimentação, o que resultaria na alteração das variáveis analisadas. No entanto, é possível inferir que a retirada da vegetação é a principal atividade humana que desencadeia processos variados nos canais dos rios, dentro os quais o aumento da sedimentação.

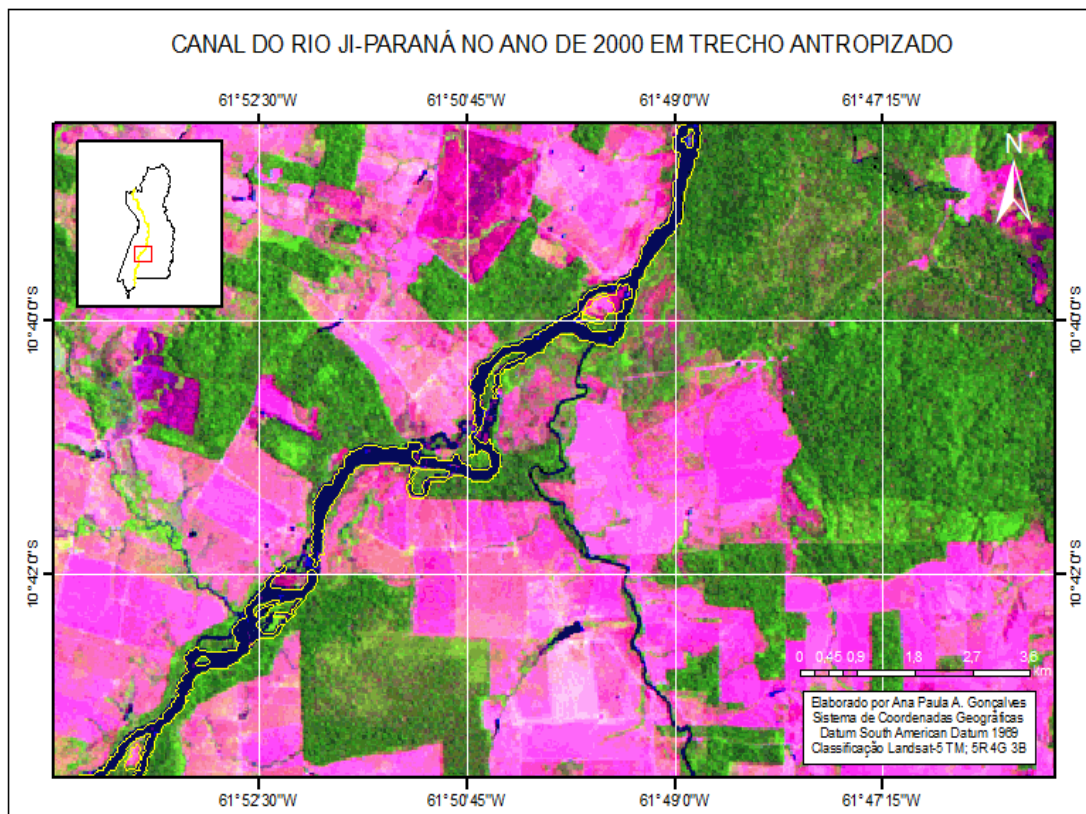


Figura 10 – Carta-imagem da variável corpo d'água, em 2000.

Ao se comparar as figuras 9 e 10, fica evidente como que o a região de abrangência do rio sofreu processo de desmatamento no período de 1984 a 2000, sendo que não foi respeitada as áreas de preservação permanente. Com esse processo de desmatamento o canal ficou mais vulnerável aos processos de erosão e sedimentação, bem como um maior carreamento de sedimentos para o leito do rio, podendo ter provocado a diminuição da sua profundidade e consequentemente o aumento da área do espelho de água que houve nesse período.

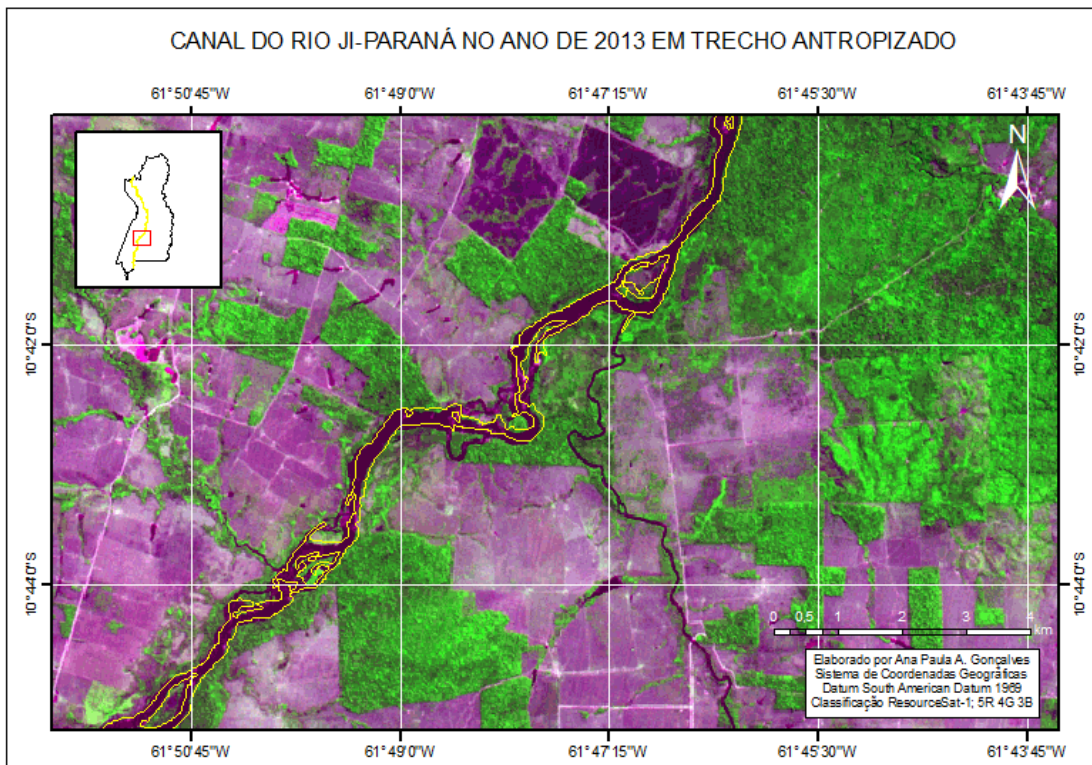


Figura 11 – Carta-imagem variável corpo d'água, em 2013.

Já em relação à diferença entre o período de 2000 para 2013, não houve mudanças significativas em relação à área do espelho de água. Teve maiores mudanças em relação às outras variáveis.

O número de ilhas vegetadas era de 52 para o ano de 1984 e totalizava área total de 10,26km². Para o ano de 2000 houve decréscimo no número de ilhas passando para 47, consequentemente também houve perda na área das ilhas que passou a ser de 9,16 km². Finalmente para o ano de 2013 houve um pequeno aumento na quantidade de ilhas que passou a ser 48, porém a área das ilhas continuou diminuindo sendo 8,61 km².

A redução da área das ilhas revela que as mesmas podem ter sofrido com o processo de retirada da vegetação. O crescimento de 1 km² entre os anos de 2000 e 2013 pode ter revelado regeneração da vegetação já que foi grande o intervalo de tempo de análise, 13 anos. Contudo, evidencia-se com os resultados quantitativos desse segmento que ele apresenta uma dinâmica erosiva, inclusive com ilhas que desapareceram.

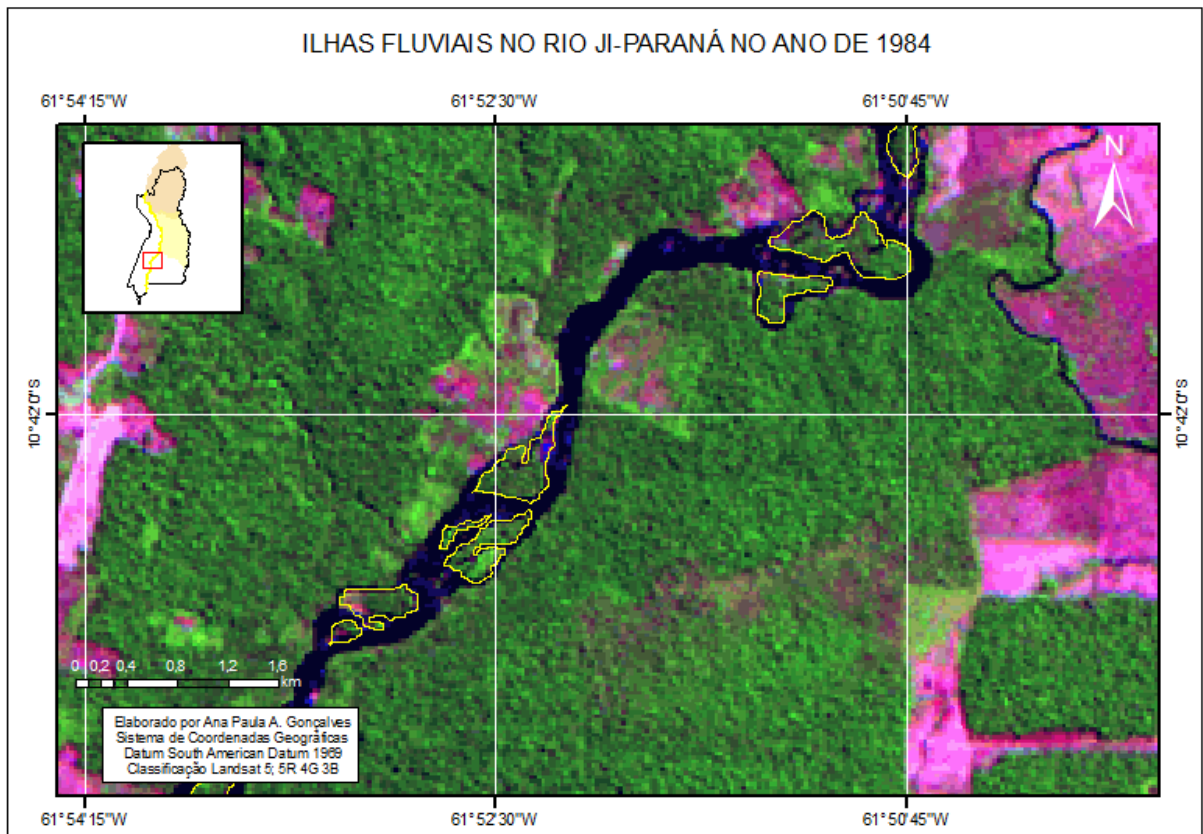


Figura 12 – Carta-imagem das ilhas fluviais no ano de 1984

Na figura 13, ao se comparar apenas esse pequeno trecho do segmento antropizado, em relação as ilhas do ano de 1984 e 2000, é possível perceber o aparecimento de ilhas novas como foi apontada, essa ilha foi formada partir da divisão da ilha maior. No entanto como já foi dito anteriormente o segmento antropizado do rio houve decréscimo no quantitativo de ilhas.

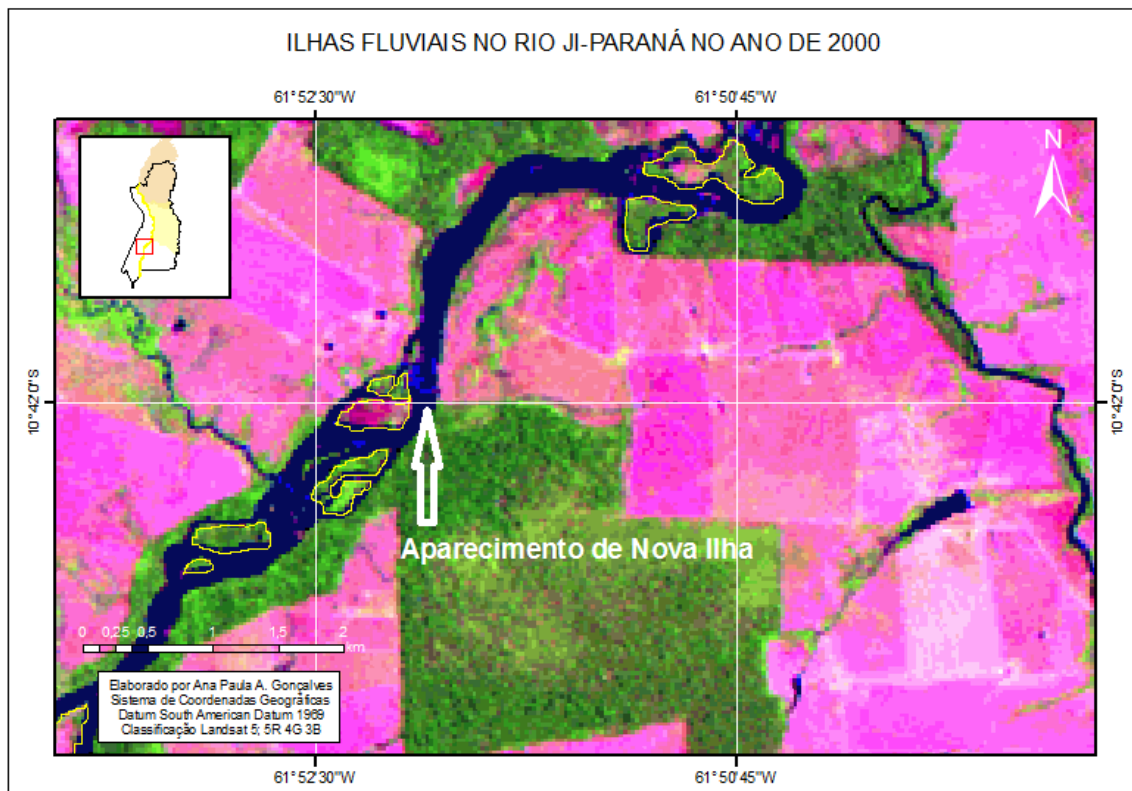


Figura 13 - Ilhas fluviais no ano de 2000

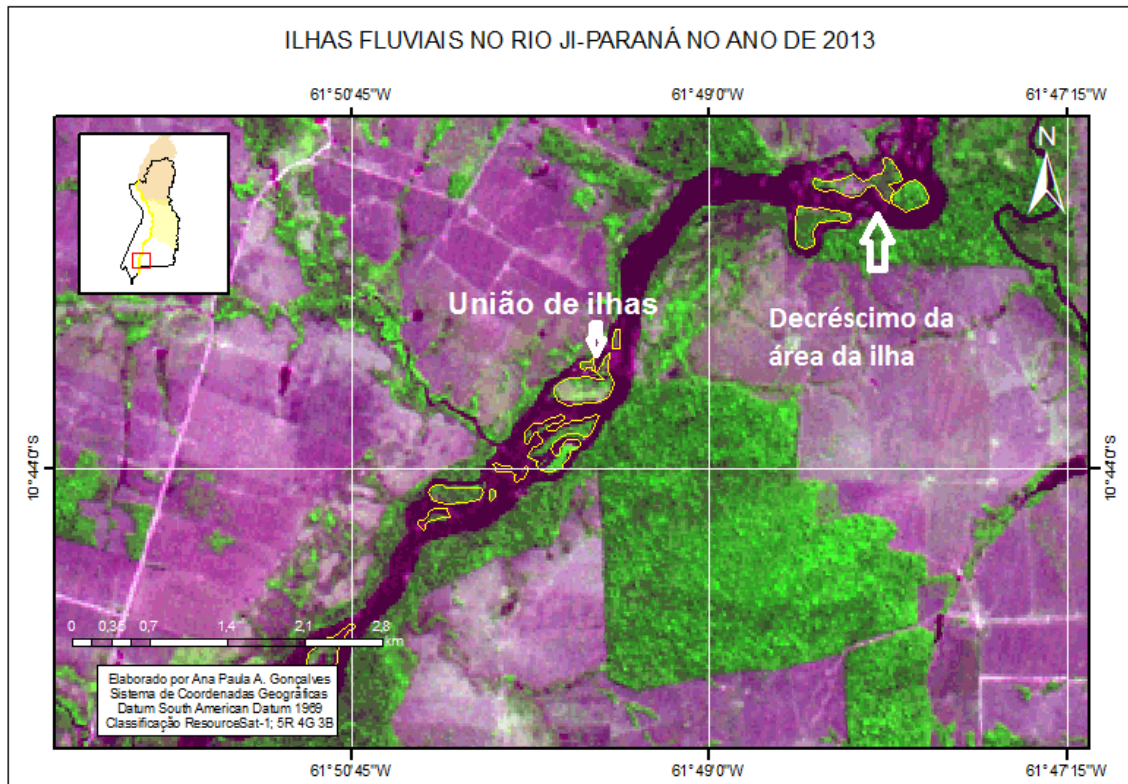


Figura 14 - Ilhas fluviais no ano de 2013.

Na figura 14, foi destacada primeiramente a união de duas ilhas fluviais e também o decréscimo na área de uma ilha mais acima da figura no segmento antropizado, sendo essa característica comum nesse período, no qual a área das ilhas sofreu redução nesse período.

Em relação à outra variável estudada os bancos de areia, o número deles também variou, pois em 1984 existiam 3 bancos de areia com uma área de 0,055km², já o ano de 2000 aumentou o número de bancos passando para 6, porém sofreu diminuição na sua área passando para 0,046km². Dessa forma houve uma diferença de área entre esses 16 anos de 0,009km². Já no ano de 2013 o número de bancos de areia aumentou, passando para 8 e sua área aumentou para 0,085km². Os mapas dessas variáveis serão apresentados logo abaixo nas figuras 7, 8, 9. Os bancos de areia normalmente nos rios são elementos instáveis, eles são formados a partir de processos deposicionais dos materiais que são transportados pelo leito do rio, e aparecem no período de seca quando a capacidade de transporte dos fluxos nos rios diminui (CRISTOFOLLETI, 1980; MORAES, 2002; ASSIS, 2012).

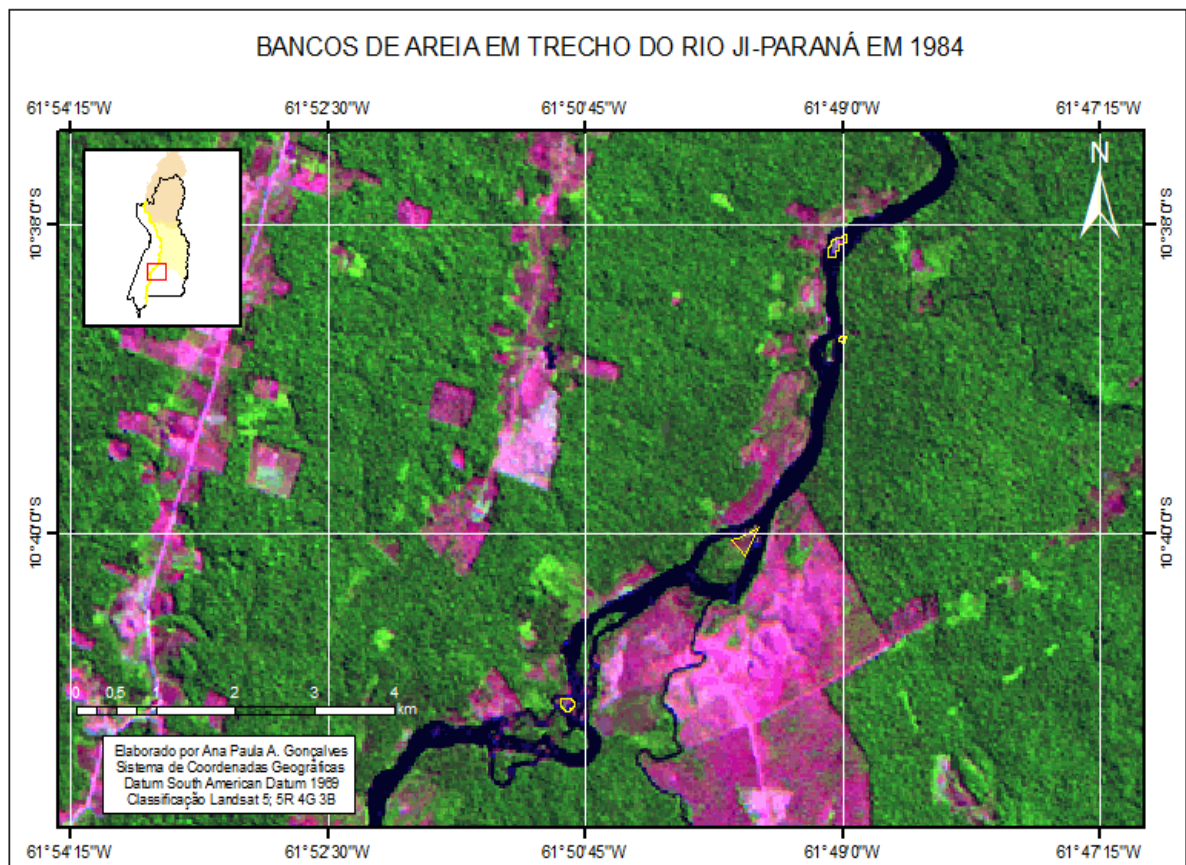


Figura 15 - Bancos de areia no ano de 1984.

Na figura 15 é apresentada a distribuição dos bancos de areia no trecho do segmento antropizado no ano de 1984, podemos ver houve poucos nesse ano, o contrário aconteceu com as ilhas fluviais em que a maior quantidade foi encontrada nesse ano.

Na Figura 16, é possível observar o aparecimento de alguns bancos de areia, como foi destacado na imagem.

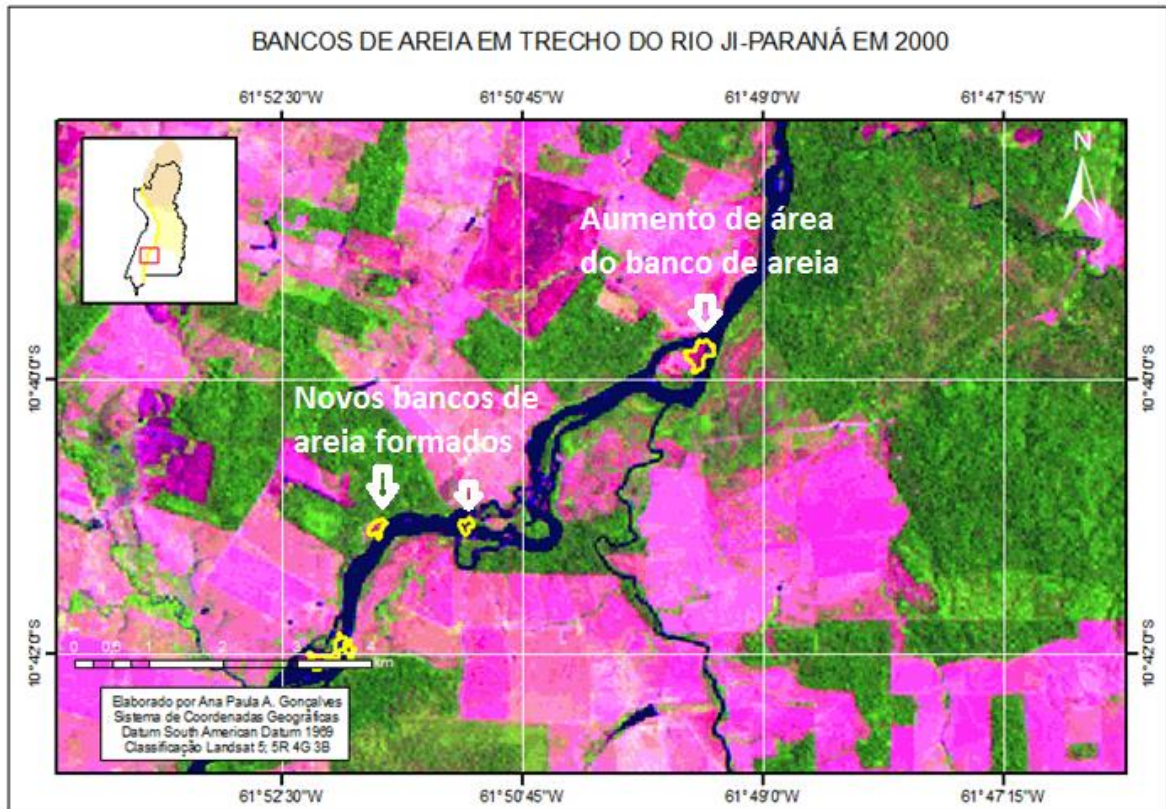


Figura 16 - Banco de areia em 2010.

Uma característica que é importante ressaltar é que ao se comparar estas duas figuras 15 e 16 nota-se que a distribuição espacial dos bancos de areia mudou de posicionamento e é possível perceber que apenas um dos bancos de areia manteve-se nesse período e teve seu tamanho aumentado, os outros bancos de areia de 1984 foram totalmente erodidos, porém houve o aparecimento de novos bancos de areia para o ano de 2000, o que vem a demonstrar que houve nesse período intenso processo de erosão e sedimentação no canal do rio Ji-Paraná.

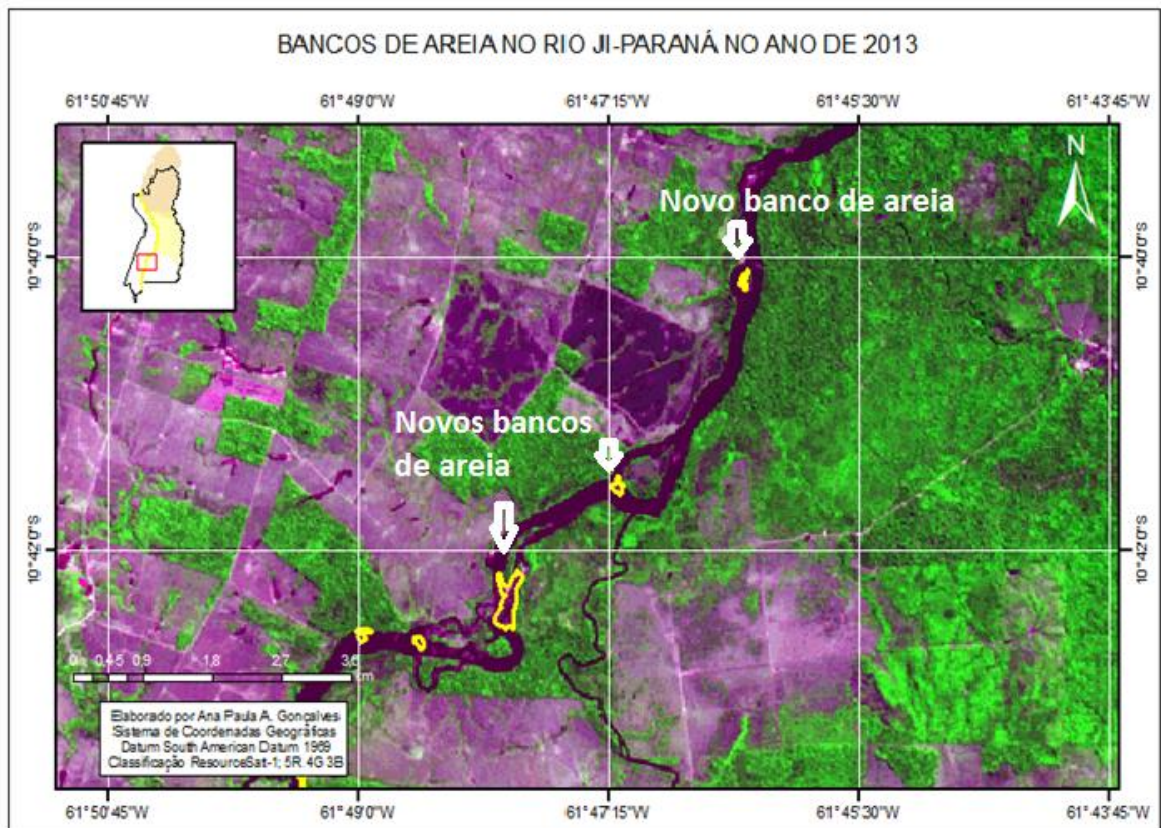


Figura 17 - Banco de areia em 2013.

Para o ano de 2013, os bancos de areia continuaram aumentando sua quantidade ao se comparar com a imagem de 2000, tendo o surgimento de novos bancos de areia, sendo que alguns do ano de 2000 continuaram com seus núcleos residuais, apenas sofrendo processo de sedimentação e tendo suas áreas aumentadas.

6.2 Segmento preservado

Como sugerido, por estar entre a REBIO Jaru e Terra Indígena Igarapé Lourdes, a margem direita do seu leito no decorrer dos anos mantiveram suas áreas preservadas, porém a outra margem dele já sofreu alterações no uso e ocupação do solo. A altitude nesse trecho varia de 133 a 157 metros, os tipos de solos predominantes nesse segmento são os Argissolos Vermelho-Amarelo e o Latossolos Vermelho-Amarelo.

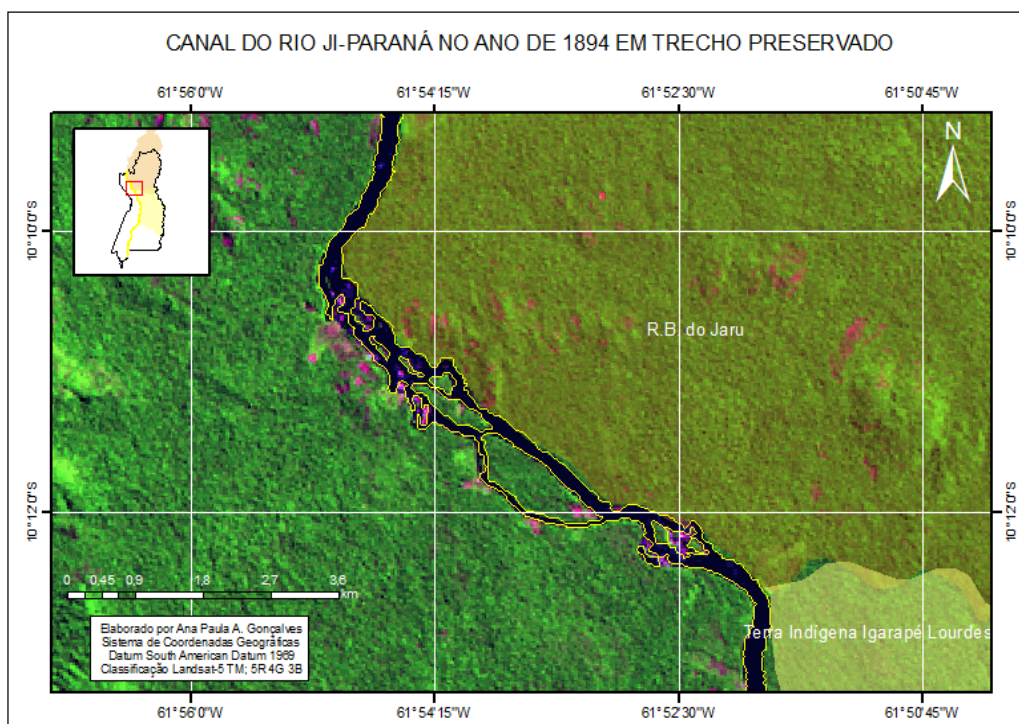
As variáveis referentes a esse segmento foram quantificadas e serão apresentadas na Tabela3, também serão apresentadas e discutidas separadamente e por último será apresentado os mapas comparativos dos anos estudados.

Tabela 3. Valores quantitativos das variáveis estudadas no segmento preservado.

Variáveis do Canal	1984	2000	2013	Variação	Variação %
Índice de sinuosidade	1,21	1,25	1,23	0,04	1,65 %
Extensão do segmento (Km)	93,37	95,99	94,21	0,84	0,90%
Área do Curso de água (Km²)	19,62	20,34	20,5	0,88	4,49 %
Número de ilhas vegetadas	24	14	15	9	-37,50%
Área das ilhas vegetadas (Km²)	2,85	2,27	1,93	0,92	-32,28
Número de bancos de areia	32	21	49	17	53,13%
Área dos bancos de areia	0,46	0,23	0,67	0,21	45,65%

O índice de sinuosidade do canal no ano de 1984 foi de 1,21 tendo um aumento de 0,04 até o ano de 2000 passando a ser de 1,25 e por último no ano de 2013 teve uma pequena queda passando a ser 1,23. Assim esse segmento do rio preservado nos três anos foi de sinuosidade baixa, o que classificaria esse segmento do canal como retilíneo. A retinilização do canal neste trecho pode estar associada à preservação, mas também a estrutura geológica que o sustenta, pois como referido os solos são resistentes, especialmente o Latossolos, solos profundos, que estão associados a rochas igualmente resistentes.

A área ocupada pelo rio Ji-Paraná no trecho preservado foi de 19,62 km² no ano de 1984, tendo um aumento para 20,34km² em 2000, ou seja, teve um aumento em sua área de 0,72km², já para o ano de 2013 houve um decréscimo de 0.29 km², resultando no valor de 20,05 km².

**Figura 18** - Carta imagem, comparativo da variável corpo d'água, em 1984.

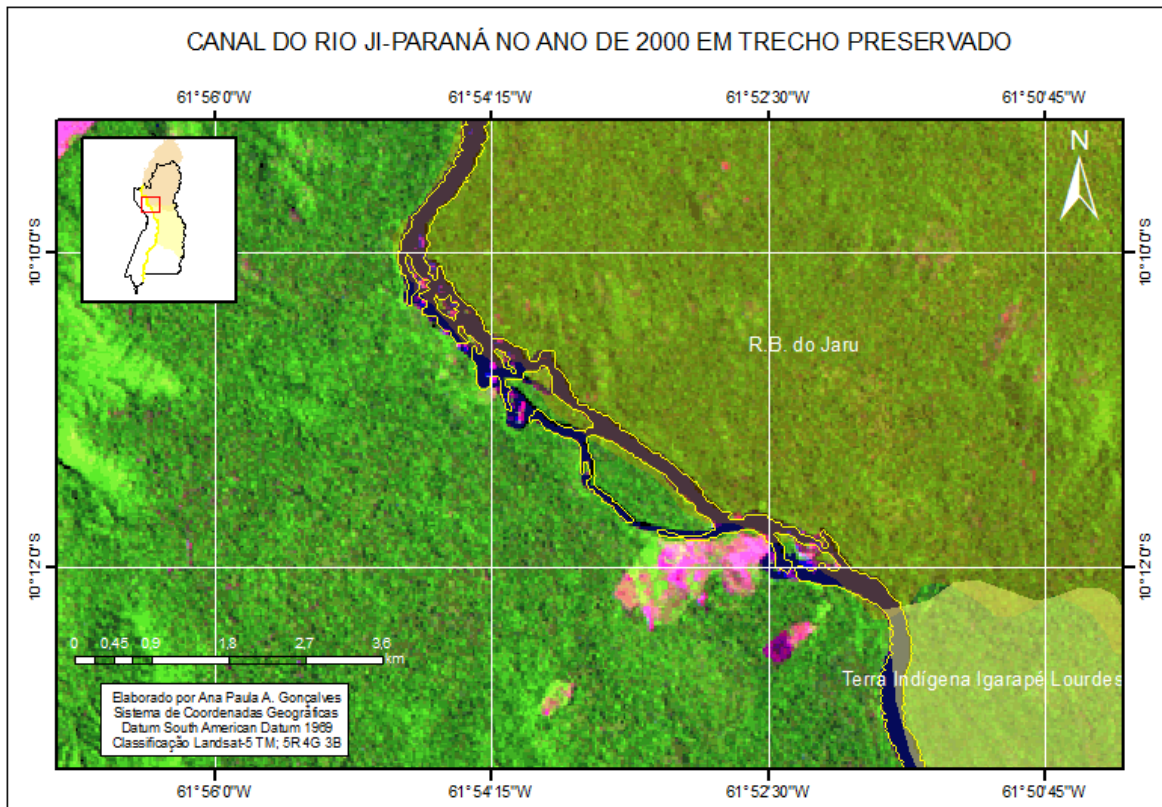


Figura 19 - Carta imagem, comparativo da variável corpo d'água em 2000.

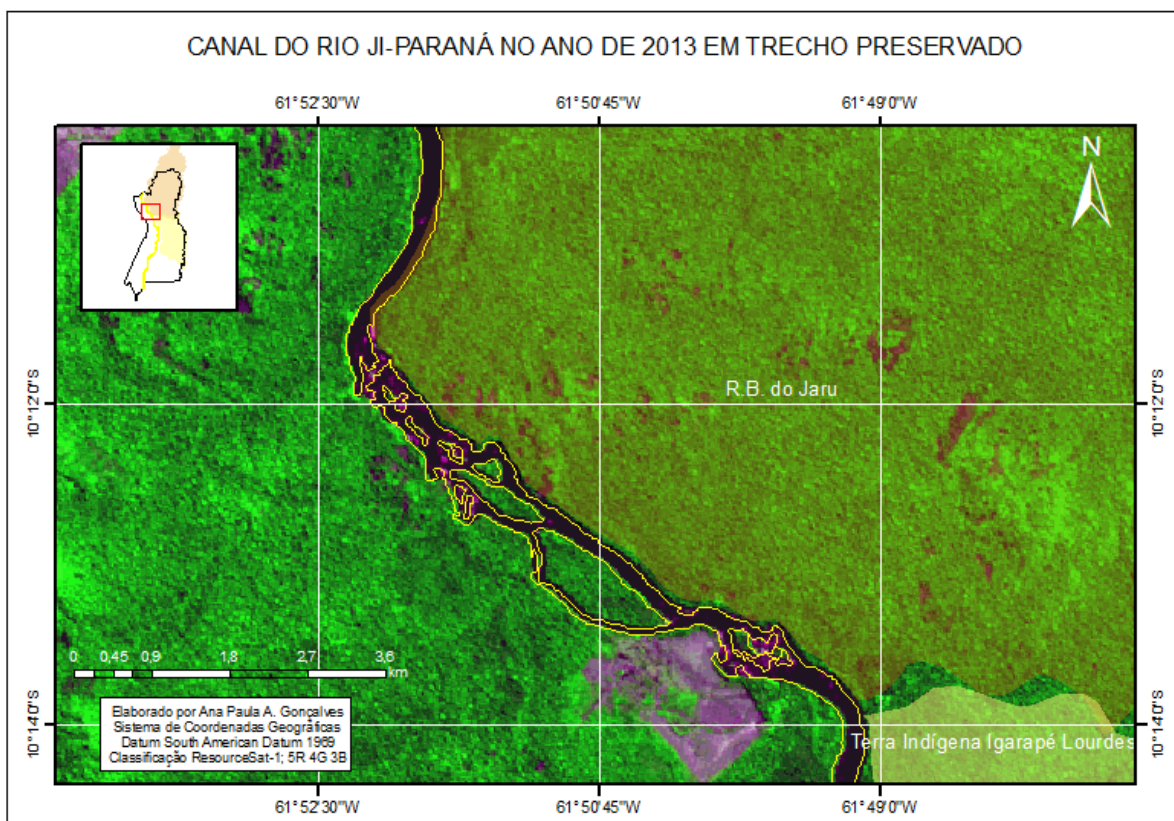


Figura 20 - Carta imagem, comparativo da variável corpo d'água em 2013.

As figuras 18, 19 e 20 demonstram como o variável espelho de água se comportou nos três anos analisados, como as imagens utilizadas são de média resolução espacial não é possível ver alterações significativas, além que a variação que houve nesse período de 1984 a 2013 foi de apenas de 0,88 Km². O número de ilhas fluviais era de 24 para o ano de 1984, com área total de 2,85km². Já para o ano de 2000, houve uma diminuição no número de ilhas passando para 14, conseqüentemente também houve decréscimo na área das ilhas que passou a serem 2,27 km². E para o ano de 2013 houve um acréscimo na quantidade de ilhas totalizando 15, porém em relação à área total de ilhas diminuiu para 1,93 km².

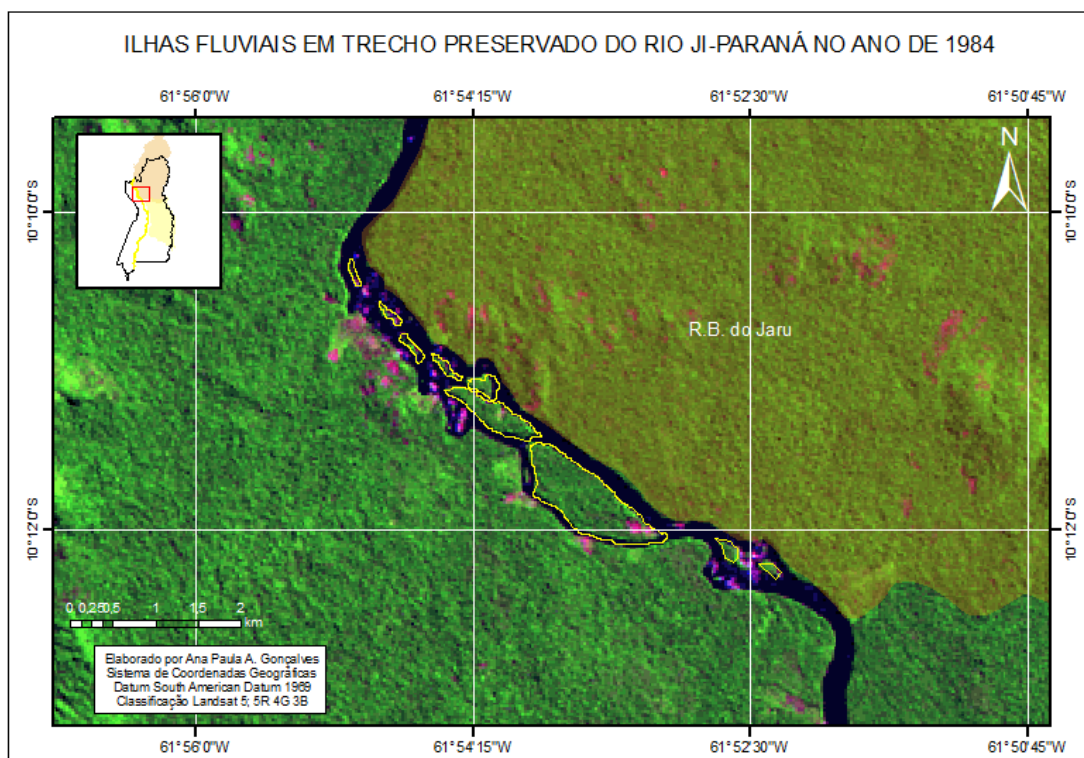


Figura 21 - Ilhas fluviais no ano de 1984.

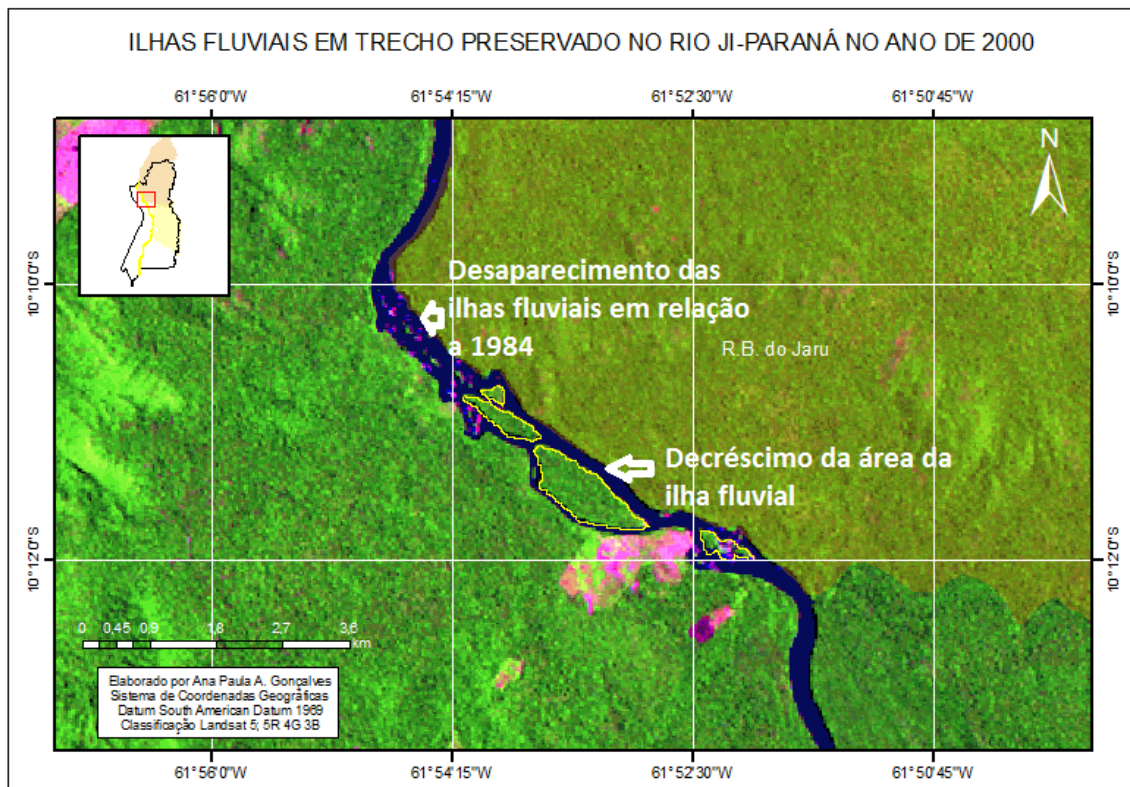


Figura 22 - Ilhas fluviais no ano de 2000.

Ao se comparar as figuras 21 e 22, é possível perceber como já foi comentado anteriormente das variações na quantidade de ilhas que desapareceram no canal do segmento do rio preservado e também no decréscimo da área dessas ilhas, dessa forma é provável que tenha ocorrido erosão, em que algumas desapareceram e outras tiveram suas áreas diminuídas.

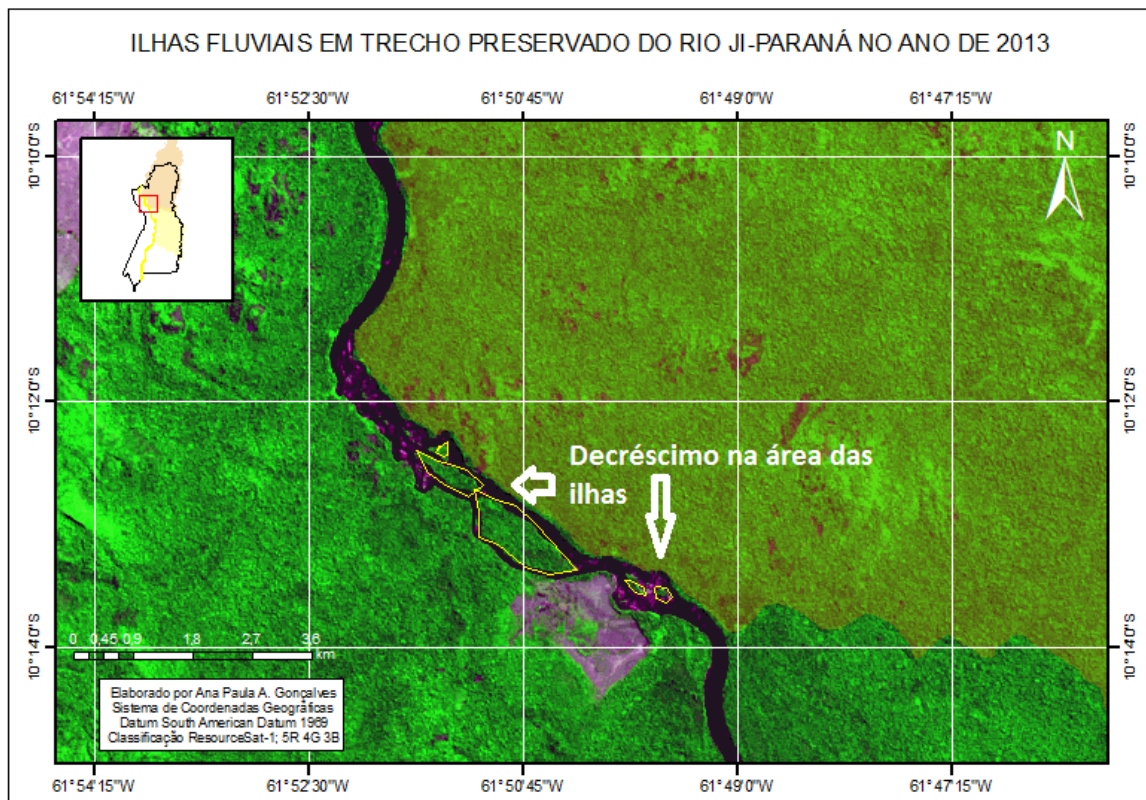


Figura 23 - Ilhas fluviais no ano de 2013.

Continuando com a comparação do mesmo trecho do segmento preservado do rio Ji-Paraná é notado na figura 23 que todas as ilhas sofreram processo de erosão e consequentemente tiveram suas áreas diminuídas. Um fator interessante é que mesmo o rio estando em um trecho preservado ele continua sofrendo processos erosivos em suas ilhas, isso provavelmente ocorre devido à velocidade de fluxo do rio.

O número de bancos de areia em 1984 totalizavam 32 com uma área de 0,46km², já o ano de 2000 sofreu uma queda na quantidade e também em sua área passando para 21 bancos de areia com uma área de 0,23 km². Já o ano de 2013 o número de bancos tiveram um grande aumento com um total de 49, consequentemente sua área teve um aumento para 0,67 km².

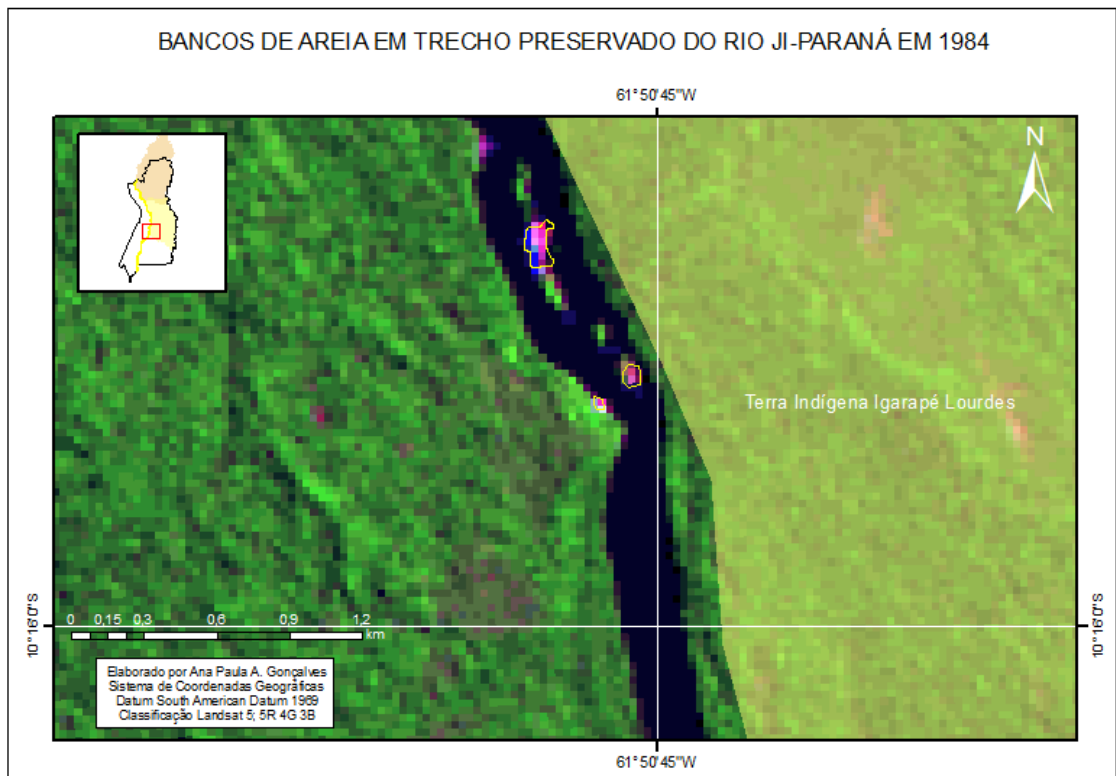


Figura 24 - Bancos de areia no ano de 1984.



Figura 25 - Bancos de areia, em 2000.

Ao se comparar as duas figuras, 24 e 25 percebe-se que houve várias mudanças nesse trecho do rio, em que teve banco de areia que teve sua área aumentada por processos de sedimentação, houve também o surgimento de novos bancos de areia e por fim também houve decréscimo da área do já existente. Isso vem demonstrando no decorrer do canal do rio que ele é dinâmico e está em constante transformação.

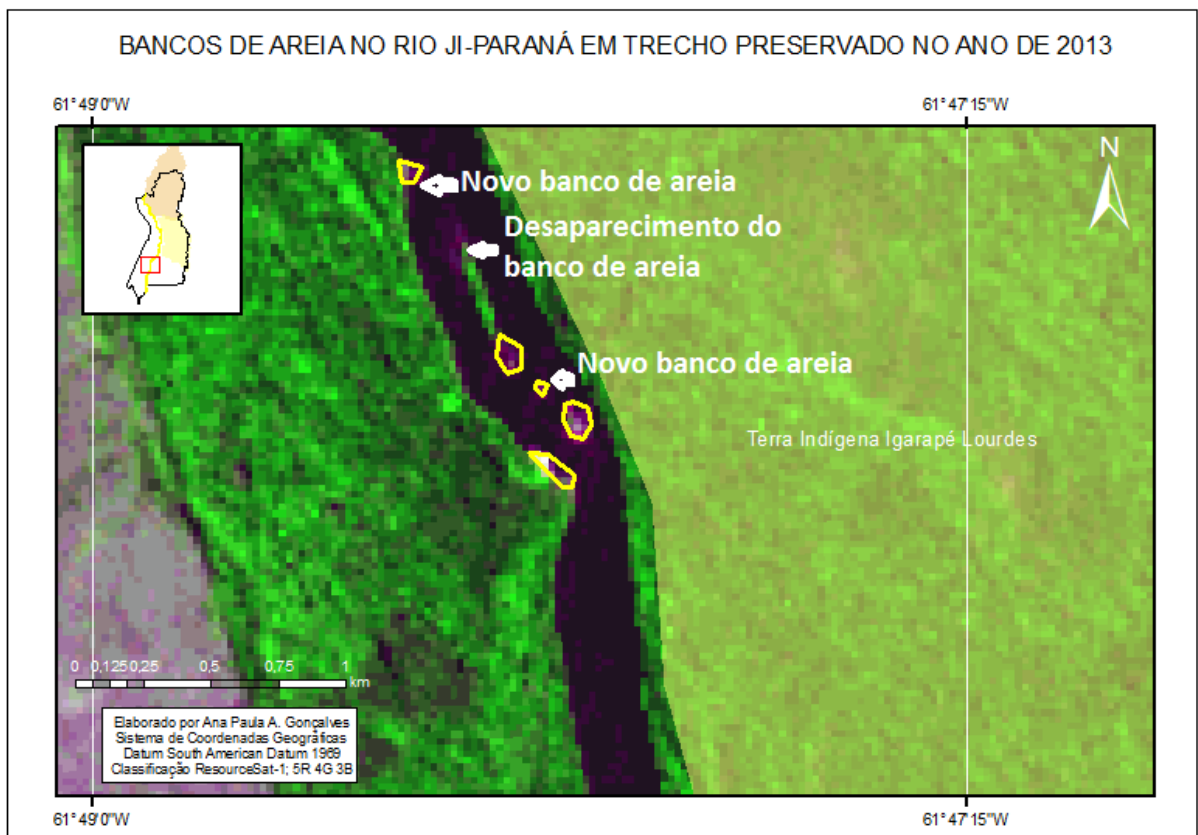


Figura 26 - Bancos de areia em 2013

Na figura 26, mais uma vez observa-se que tiveram várias transformações no canal os bancos de areia ao comparar com a figura 25, como por exemplo, surgimento de novos bancos de areia, desaparecimento de bancos de areia e mudança na área dos residuais.

Portanto, com essa dinâmica de surgimento de novos bancos de areia nos períodos analisados é possível perceber o que Moraes (2002), explica em relação a esse processo, em que no período de estiagem há esse aparecimento de bancos de areia, que na maioria das vezes são instáveis e que acabam sendo erodidos no período chuvoso. Outra característica evidenciada com esse comportamento é que o rio Ji-Paraná está se ajustando, apresentado um maior número de bancos de areia ritmicamente distribuídos ao longo desse segmento, porém ocupando áreas menores. Por fim, de forma a comparar os resultados para os dois segmentos foi estruturado o tópico 4.4. A comparação foi realizada observando as variações das variáveis analisadas.

6.3 Comparação entre os segmentos antropizado e preservado

Ao se comparar os segmentos Antropizado com o Preservado, observou-se que houve grande variação entre os segmentos, como pode ser observado na **Tabela 4**. Destaca-se, no entanto as alterações no número de bancos de areia que variou entre os anos analisados e também nos segmentos, sendo o segmento Antropizado o responsável pela maior variação.

Tabela 4 - Comparação da variação entre os segmentos antropizado e preservado dos elementos morfométricos e morfológicos do canal.

Variáveis do Canal	Segmento Antropizado	Segmento Preservado
Índice de sinuosidade	-2,38%	1,65 %
Extensão do segmento (Km)	-2,17%	0,90%
Área do Curso de água (Km ²)	2,24%	4,49 %
Número de ilhas vegetadas	-7,69%	-37,50%
Área das ilhas vegetadas (Km ²)	-16,08%	-32,28
Número de bancos de areia	166,67%	53,13%
Área dos bancos de areia	54,55%	45,65%

Comparando a sinuosidade dos dois segmentos podemos observar que o segmento antropizado sofreu uma redução de 2,38%, enquanto o do segmento preservado teve um aumento de 1,65%. Isso revelou que o rio Ji-Paraná diminuiu seu comprimento no segmento Antropizado e aumento no segmento Preservado. Sendo que esses valores de sinuosidade estão diretamente relacionados com a extensão do segmento. Em todos os anos nos segmentos os valores estiveram entre 1,21 – 1,26, sendo caracterizados como retilíneos, no entanto, como já foi dito anteriormente, se analisar um trecho menor do rio Ji-Paraná ele pode se enquadrar em outro padrão de canal.

Em relação aos valores de extensão dos segmentos do rio Ji-Paraná, no segmento antropizado teve uma redução de 2,17 % e no segmento preservado houve aumento em 0,90%. Outra variável analisada que também seguiu o mesmo comportamento da variável anterior, foi à área do corpo d'água, em que no segmento antropizado sofreu decréscimo em sua área de 2,24% e o outro segmento teve acréscimo de 4,49% entre o período de 1984 a 2013.

Em relação às ilhas fluviais em todos os dois casos tiveram decréscimo na quantidade de ilhas, mas no segmento preservado foi onde ocorreu maior diminuição na quantidade de ilhas 37,5%, enquanto que no segmento antropizado houve uma queda de 16,08%, isso ocorre devido às ilhas do segmento antropizado apresentar maiores dimensões com vegetações o que a caracteriza como ilhas estáveis. As ilhas podem ter sido erodidas já que grande parte são pequenas e médias dimensões, sendo que o rio Ji-Paraná, no período chuvoso, aumenta muito a sua vazão o que provoca aumento na velocidade das águas do rio e conseqüentemente maior erosão. Além disso, também podem ocorrer de o rio submergir essas ilhas e os bancos de areia e causar a sua total erosão. Em relação ao quantitativo da área das ilhas, como houve o decréscimo na quantidade elas também diminuíram as áreas ocupadas pela mesma. No entanto, para os bancos de areia houve o inverso das ilhas fluviais, sendo que eles aumentaram no decorrer dos anos. No segmento antropizado eles aumentaram 166,67 % a quantidade existente e no segmento preservado aumentou 53,13%. O mesmo comportamento aconteceu com a área ocupada por eles, sendo que no segmento antropizado somaram 54,55% e no outro segmento 45,65%. Essa característica do canal pode ser tomada como indicadores de alterações no padrão do canal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados foi possível identificar que a metodologia é adequada e que o sensoriamento remoto configura fonte de dados para análise dos canais fluviais. Contudo, como os produtos orbitais variam muito é necessária uma adequada análise de viabilidade de estudo a partir da observação da resolução espacial, temporal, radiométrica e espectral. Além disso, avaliar dados em campo, por exemplo, análise do material em suspensão na água. E neste sentido, observou-se que não se pode tratar do estudo do canal sem levar em conta os processos de erosão e sedimentação. A erosão pode ocorrer fora do canal e seus sedimentos carrearem para o interior do canal, portanto, a análise da área de entorno do rio também é importante. Neste sentido, os estudos dos canais devem abarcar um período de tempo amplo, pois autores especialistas na área revelaram que as mudanças nos canais normalmente não são percebidas de imediato.

Observou-se que os resultados sugerem que no trecho antropizado pode ter havido maior alteração do canal, mas que este reflete no canal preservado que está muito próximo. Com a análise morfométrica dos elementos do canal foi ponto de início para a constatação de que houve mudanças nos quantitativos de todos os elementos estudados, assim para uma análise mais detalhada deve-se fazer a etapa de pesquisa em campo para comprovação dos resultados identificados, principalmente em relação à localização espacial das ilhas e bancos de areia. No entanto, é importante lembrar que como os canais são elementos dinâmicos, pode ocorrer diferença no quantitativo no decorrer de pouco tempo, principalmente entre o período chuvoso e o de estiagem. Contudo, que foi exposto é possível perceber a grande dinâmica fluvial do rio Ji-Paraná, em que o mesmo está passando por grandes mudanças, como foi dito anteriormente que houve quedas significativas na quantidade e na área das ilhas fluviais, significando que o processo de erosão esteve presente nessa época. Por outro lado os bancos de areia tiveram um grande aumento, o que vem a corroborar com a proposição que está havendo uma grande carga de sedimentos entrando no canal do rio que foi causada possivelmente pelo desmatamento na região.

O resultado em SIG permitiu estruturar um banco de dados que pode ser atualizado ano após ano servindo de instrumento de gestão, ordenamento e reordenamento do território. Além disso, outras análises podem ser realizadas com os dados e que corroboram estudos variados.

7 REFERÊNCIAS

ASSIS, A. Q. S. **Análise da dinâmica fluvial do Rio Cachoeira (Antonina/PR), entre os anos de 1954 e 2005**. Curitiba: UFPR, 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia, Linha de Pesquisa Paisagem e Análise Ambiental), Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2011.

BAYER, M. **Diagnóstico dos processos de erosão/assoreamento na planície aluvial do rio Araguaia, entre Registro do Araguaia (GO) e Cocalinho (MT)**. Goiânia: UFG, 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, 2002.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial. 2007.

BRITES, A. P. Z.; PORTO, M. F. A.; FERNANDES, C. V. S. **Proposta de uma ferramenta de auxílio para aplicação do enquadramento dos corpos d'água**. In Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, São Paulo, 2012.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento em Projetos Ambientais**. 1ª ed. São José dos Campos: INPE, 1998.

CARREIRA, J. C.; BRITO, A.C.C.; RUDKE, A. P.; BORGES, H. R. M.; BEZERRA, R. R.; SANTOS, A. M. **Análise Geomorfológica do município de Ji-Paraná**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DO ESPÍRITO SANTO, 2011, Vitória. Anais.Vitória, ES. FAESA, 2011.

CARVALHO, Adriano Arlei de. **Estudo e Implementação de Algoritmos Clássicos para Processamento Digital de Imagens**. Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2003. Disponível em www.bcc.ufla.br. Acesso em dezembro de 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

DILL, P. R. J. **Assoreamento do reservatório do Vacacaí-mirim e sua relação com a deterioração da bacia hidrográfica contribuinte**. Santa Maria: UFSM, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

EMBRAPA, **Esboço Geológico da Gleba Machadinho D'Oeste, RO, 2005**. Estado do Desenvolvimento Ambiental - v12, 2010 - Porto Velho: COGEO. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br>. Acesso em janeiro de 2014.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. Disponível em http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf.

Acessado em 05 de dezembro de 2013.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

_____. **Geotecnologias na Geografia Aplicada: Difusão e Acesso**. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 17, 2005.

FOGIATO, S.M. **Geotecnologias aplicadas á área ambiental: estudo de caso nas microbacias hidrográficas da Sanga da Taquara e do arroio Inhamandá no município de São Pedro do Sul – RS**. Santa Maria: UFSM, 2006. Dissertação (Mestrado em Geomática), Programa de Pós Graduação em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**, Tradução: Roberto Marcondes César Junior e Luciano da Fontoura Costa, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2000.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em janeiro de 2014

INPE. **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2002. Disponível em: www.dpi.inpe.br. Acesso em janeiro de 2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphanyo. São José dos Campos, SP. Editora Parentese, 2009.

LEPSCH, I.F. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

MARTINS, D. P. **Dinâmica das formas de leito e transporte de carga de fundo no alto Rio Paraná**. Maringá: UEM, 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia), Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes Departamento de Geografia, Programa de Pós-graduação Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Maringá.

MENEZES P.B, ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília. CNPq/UnB, 2012. Disponível em <http://www.cnpq.br>. Acesso em fevereiro de 2014.

MORAIS, L. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. 2002. Disponível em <http://mtc-m12.sid.inpe.br>. Acesso em dezembro de 2014

MORAIS, R.P. **Mudanças históricas na morfologia do canal do Rio Araguaia no trecho entre a cidade de Barra do Garças (MT) e a foz do Rio Cristalino na Ilha do Bananal no período entre as décadas de 60 e 90**. Goiânia: UFG, 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pesquisa e Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, 2002.

MOREIRA, M. A. **Tecnologia da informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais**. 2007.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2 ed. Edgard Blücher, 1998.

OLIVEIRA, J. A., DUTRA, L. V., RENNÓ, C. D., SANTOS, P. S. **Extração de Atributos de Forma para Classificação de Imagens de Alta Resolução do Satélite HRC/CBERS-2B**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal, Anais. São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br>. Acesso em janeiro de 2014.

PEIXOTO, J. M. A. **Monitoramento da Dinâmica da Geomorfologia Fluvial da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, por Meio de Técnicas de Sensoriamento Remoto**. Manaus: INPA; UFAM, 2007.

QUADROS, M. L. E. S.; RIZOTTO, G. J. **Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG**. Porto Velho: CPRM, 2007.

SANTOS, A. M.; REIS, R. D.; ANDRADE, N. L. R.; ROSA, A. L. D.; SOUZA, J. G. R. **Sensoriamento Remoto orbital e SIG aplicados a análise espacial de áreas degradadas na cidade de Ji-Paraná, Rondônia**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba: INPE, 2011.

SEDAM. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010**. COGEO - SEDAM / Coordenadoria de Geociências – Secretaria de Território Central - Estado de Rondônia. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentado. Disponível em www.sedam.ro.gov.br> Acesso em Dezembro de 2013.

_____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Precipitação de Ji-Paraná/RO**. Ji-Paraná: SEDAM, 2010. Disponível em www.sedam.ro.gov.br> Acesso em Dezembro de 2013.

SILVA, A. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2008.

SILVA, A. C. **Estudo da contaminação do lençol freático através da integração de técnicas geofísicas e geoquímicas em Ji-Paraná-RO**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

SILVA, J. P. **Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade na Amazônia - aplicação e discussão na bacia hidrográfica do Rio Xingu**. 2012. Tese Doutorado em Geografia Física - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em dezembro de 2013.

SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. **Evolução das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã – MT**. In: SOUZA, C. A. (Org.). Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental. São Carlos: Editora Cubo, 2012.

TRENTIN, A. B. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do comportamento espectral da água no reservatório passo real – RS.** Santa Maria: UFMS, 2009. Dissertação de Mestrado em Geografia, Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

ZIMPEL NETO, C. A. **Na direção das periferias extremas da Amazônia:** arqueologia na bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. São Paulo: MAE/USP, 2009. Dissertação (Mestrado em Arqueologia), Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade de São Paulo, 2009.