

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

GERALDO TERCEIRO CORREA

Evolução morfológica do arquipélago Floresta Japonesa no alto rio Paraná

Maringá
2004

GERALDO TERCEIRO CORREA

Evolução morfológica do arquipélago Floresta Japonesa no alto rio Paraná

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

Maringá
2004

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

C824e Correa, Geraldo Terceiro, 1960-
Evolução morfológica do arquipélago Floresta Japonesa no
alto rio Paraná / Geraldo Terceiro Correa.-- Maringá, 2004.
84 f. : il. (algumas color.)
Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos
Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de
Biologia, 2004.
Orientador: Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho.
1. Erosão marginal - Arquipélago Floresta Japonesa -
Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Geomorfologia
fluvial - Arquipélago Floresta Japonesa - Planície de
inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de
Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. - 551.35209816
NBR/CIP - 12899 AACR/2

Maria Salete Ribelatto Arita CRB 9/858
João Fábio Hildebrandt CRB 9/1140

GERALDO TERCEIRO CORREA

Evolução morfológica do arquipélago Floresta Japonesa no alto rio Paraná

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

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

Prof. Dr. João Lima SantAnna Neto
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp)

Prof. Dr. Messias Modesto Passos
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Paulo César Rocha
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Prof. Dr. Paulo Fernandes Soares
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovado em: 29 de janeiro de 2004.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

À DEUS!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, especialmente, aos meus pais, Isabel e José, que em todos os momentos estiveram ao meu lado, ensinando-me através de forma simples, a importância de cada conquista para elevação do ser humano, mostrando-me os caminhos e fundamentalmente, guiando os meus passos através de suas orações diárias.

À Fernanda e ao João, filhos queridos, que deram e darão, muito estímulos e energia para enfrentar esta jornada e muitas outras que virão.

À minha irmã, Ana Elizabeth, pelos constantes conselhos e carinho.

Ao meu grande amigo irmão, Moacir Euripedes Medri, que, sempre apostou em mim, estimulando-me diuturnamente para as realizações de grandes tarefas, como esta.

Ao Valdemar Zangaro, pelas estridentes gargalhadas quando por ora, o "baixo astral" ocorria.

Ao professor Edvard Elias de Souza-Filho, pela orientação e ensinamentos, sem aos quais não seria possível a realização deste trabalho.

À minha turma de curso: Viviane, Patricia, Audi, Gilza, Vanda, Eurica e Edna, pelos bons momentos.

Ao corpo docente do curso de Ecologia de Ambientes Aquáticos Cocontinentais, pelos valorosos ensinamentos transmitidos.

À Marcinha, à Cláudia e a Salete pela ajuda constante e carinhos dispensados.

Ao Sebastião Rodrigues (Tião), Alfredo Soares da Silva e "Goiaba" pelo apoio na realização dos levantamentos e amostragem de campo.

Aos professores do Departamento de Biologia Animal e Vegetal da Universidade Estadual de Londrina, em especial aos Drs. José Antônio Pimenta, Edmilson Bianchini, Francisco Striquer Soares, José Marcelo Torezam, Sandra Colli que, além da amizade, muito contribuíram no processo de liberação para realização do curso.

Aos funcionários do Departamento de Biologia Animal e Vegetal da Universidade Estadual de Londrina, Jeremias Damasceno de Oliveira pela constante ajuda nos trabalhos de campo e ao Moisés Fernandez Gouveia por se desdobrar e cobrir paralelamente as suas atribuições com as minhas no Departamento.

Ao CNPQ/CAPES pela concessão da bolsa.

Evolução morfológica do arquipélago Floresta Japonesa no alto rio Paraná

RESUMO

Este estudo apresenta material cartográfico e dados quantitativos a cerca da erosão marginal, como também, as das diferentes feições geomórficas ocorridas no segmento multicanal do alto rio Paraná. A partir de fontes históricas de material fotográfico existente na região foram estudadas as diferentes transformações manifestadas na calha fluvial nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996. Nestes respectivos anos, observou-se que o arquipélago Floresta Japonesa apresentou comportamento erosivo-deposicional similar a de dois outros grandes conjuntos localizados à montante deste, o Carioca e o Mutum Porto Rico. A erosão marginal foi acompanhada entre os anos de 1999 e 2001 e os resultados mostraram que não somente os constituintes granulométricos foram responsáveis pelas taxas de erosão, mas também, pela velocidade média de fluxo.

Palavras-chave: Erosão marginal. Aerofoto. Alto rio Paraná

Morphological evolution of Japanese Forest Archipelago in the upper Paraná River

ABSTRACT

This work presents besides cartographic material, quantitative data about the marginal erosion as also the differences of the geomorphic features that occurred at the multichannel segment of the high Paraná river. From historical sources of photographic material existing in the region, were studied the difference between transformations expressed in the fluvial channel in the years of 1952, 1965, 1970, 1980 and 1996. In this respective years, it was observed that the Japanese Forest Archipelago presents erosive-depositional behavior similar to two other great archipelago located on its upstream, the Carioca and the Mutum Porto Rico. The marginal erosion was accompanied between the years 1999 and 2001 and the results showed up that not only the granulometric constituents were responsible for the erosion rates but also the average flow speed.

Keywords: High Paraná River. Marginal erosion. Aerophoto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo.....	20
Figura 2 - Magnitude das médias mensais no período de 1952 a 1996 em Guaíra (PR).....	25
Figura 3 - Arquipélago Floresta/Japonesa em 1952. A' - mosaico das fotografias aéreas; A" - mosaico rasterizado; B - mapa georreferenciado.....	28
Figura 4 - Arquipélago Floresta/Japonesa em 1965. A' - mosaico das fotografias aéreas; A" - mosaico rasterizado; B - mapa georreferenciado.....	30
Figura 5 - Arquipélago Floresta/Japonesa em 1970. A' - mosaico das fotografias aéreas; A" - mosaico rasterizado; B - mapa georreferenciado.....	32
Figura 6 - Arquipélago Floresta/Japonesa em 1980. A' - mosaico das fotografias aéreas; A" - mosaico rasterizado; B - mapa georreferenciado.....	34
Figura 7 - Arquipélago Floresta/Japonesa em 1996. A' - mosaico das fotografias aéreas; A" - mosaico rasterizado; B - mapa georreferenciado.....	36
Figura 8 - Variações da área das Ilhas Muito Grandes e Ilhas Grandes no período 1952/96.....	38
Figura 9 - Variações da área das Ilhas Médias no período de 1952 a 1996.....	39
Figura 10 - Variações da área das Ilhas Pequenas no período de 1952 a 1996.....	40
Figura 11 - Variações da área das Ilhas Muito Pequenas e Barras Vegetadas no período 1952/96.....	41
Figura 12 - Sítios erosivos e deposicionais as linhas de margens do Arquipélago Floresta/Japonesa entre os períodos de 1952/65 - 1965/70 - 1970/80 e 1980/96.....	43
Figura 13 - Localização das seções transversais (A, B e C) monitoradas.....	44
Figura 14 - Comprimentos longitudinais das ilhas 03 - 07 - 22 - 31 - 32 - 38 e 39.....	45
Figura 15 - Vazão média em Guaíra e área das ilhas e barras vegetadas no período 1952/96.....	52
Figura 16 - Frequência das classes de descargas em Guaíra - PR de 1952 a 1996 e área das ilhas e barras vegetadas nos anos de 1952/65/70/80 e 96.....	54
Figura 17 - Perfil vertical de fáceis em barras de canal dos tipos central (esquerda) e lateral (direita). Modificado de Santos, 1991.....	55
Figura 18 - Diversidade das formas da parte emersa das Barras do rio Paraná.....	56
Figura 19 - Localização da área de estudo.....	65
Figura 20 - Taxas de areia nas margens monitoradas do arquipélago Floresta/Japonesa.....	67
Figura 21 - Localização dos pontos amostrais com seus respectivos teores de areias. Margem tipo I (círculo) com teor de areia acima de 30%; Margem tipo II (quadrado) com teor de areia entre 10 e 30% e Margem tipo III (losângulo) com teor de areia abaixo de 10%.....	69
Figura 22 - Evolução das margens tipo I nos períodos de 16/09/99 a 29/06/00 e de 29/06/00 a 09/04/01.....	70
Figura 23 - Evolução das margens tipo II nos períodos de 16/09/99 a 29/06/00 e de 29/06/00 a 09/04/01.....	71
Figura 24 - Evolução das margens tipo III nos períodos de 16/09/99 a 29/06/00 e de 29/06/00 a 09/04/01.....	73
Figura 25 - Variação hidrométrica no período de 19/09/1999 a 09/04/2001.....	75

Figura 26 - Valores de erosão média mensal e vazão média diária em cada período amostragem do arquipélago das Ilhas Floresta Japonesa.....	78
Figura 27 - Erosão marginal total com as respectivas médias de velocidade de fluxo ocorridas nas respectivas margens.....	79
Figura 28 - Distribuição das margens, com diferentes taxas erosivas ocorridas no período de 16/09/99 a 09/04/01.....	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Algumas fontes de informações para avaliar as causas e consequências das mudanças fluviais.....	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descarga média anual na estação Guaíra – Períodos entre 1952 1996.....	24
Tabela 2 - Frequência temporal das classes de descargas diárias em Guaíra, no período 1952 a 1996.....	25
Tabela 3 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1952 e 1965, acompanhados das respectivas diferenças.....	29
Tabela 4 -. Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1965 e 1970, acompanhados das respectivas diferenças.....	31
Tabela 5 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1970 e 1980, acompanhados das respectivas diferenças.....	33
Tabela 6 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1980 e 1996, acompanhados das respectivas diferenças.....	35
Tabela 7 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1952 e 1996, acompanhados das respectivas diferenças.....	37
Tabela 8 - Comprimentos das seções transversais A, B e C nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996.....	48
Tabela 9 - Comprimentos longitudinais das ilhas 03 - 07 - 22 - 31 - 32 - 38 e 39, nos anos de 1952 - 1965 - 1970 - 1980 e 1996.....	50
Tabela 10 - Taxa de erosão e de sedimentação por dias de barras encobertas.....	51
Tabela 11 - Taxa de erosão e de sedimentação por dias de barras encobertas nos anos documentados.....	51
Tabela 12 - Variação de área dos arquipélagos existentes no segmento multicanal em termos relativos.....	58
Tabela 13 - Frações médias da composição granulométrica dos três tipos de margens.....	68
Tabela 14 - Erosão média mensal (cm) dos três tipos de margens, por período.....	73
Tabela 15 - Números de dias com níveis de água acima e abaixo do 10 pino, com os respectivos débitos médios ocorridos no primeiro e segundo período hidrométrico.....	74
Tabela 16 - Valores médios (m/s) da velocidade de fluxo ocorridas nos pontos, em suas respectivas margens e períodos.....	76

Tese elaborada e formatada conforme as normas das publicações científicas:

Revista Geografia (Londrina). Disponível em:
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/3250/3309>>;

Revista Brasileira De Geomorfologia.
Disponível em:<<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php?journal=rbg>>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO ARQUIPÉLAGO FLORESTA JAPONESA (ALTO RIO PARANÁ) NO PERÍODO 1952-1996	17
2.1 INTRODUÇÃO.....	17
2.2 ÁREA DE ESTUDO.....	19
2.3 METODOLOGIA.....	21
2.3.1. Métodos de estudos ligados às mudanças fluviais.....	21
2.3.2 As transformações no canal fluvial.....	22
2.3.3 A variabilidade hidrológica.....	23
2.4. RESULTADOS.....	23
2.4.1 O comportamento hidrodinâmico da série histórica.....	24
2.4.2 A evolução geomórfica do arquipélago.....	26
2.4.3 Evolução das mensurações das seções transversais A, B e C nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996.....	47
2.4.4 Evolução da mensuração das seções longitudinais A, B e C nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996.....	50
2.5 DISCUSSÃO.....	50
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
BIBLIOGRAFIA	59
3 AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE EROÇÃO MARGINAL NO ARQUIPÉLAGO FLORESTA JAPONESA (ALTO RIO PARANÁ) NO PERÍODO DE 1999 A 2001	63
3.1 INTRODUÇÃO.....	63
3.2 ÁREA DE ESTUDO.....	64
3.3 METODOLOGIA.....	66
3.4 RESULTADOS.....	67
3.4.1 Composição granulométrica das margens.....	67
3.4.2 O agrupamento das margens.....	68
3.4.3 Os tipos de margens e quantificação da erosão marginal.....	73
3.4.4 A vazão de nível e a velocidade de fluxo.....	75
3.5 DISCUSSÃO.....	76
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
BIBLIOGRAFIA	81
4 CONCLUSÃO FINAL	83

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas proximidades de Porto Rico (PR), o rio Paraná possui padrão multicanal com leito móvel e fluxo dividido por ilhas e barras fluviais (Souza Filho, 1993; Stevaux, 1994). Quando visto de cima, apresenta aspecto semelhante ao de rios anastomosados, pois apresenta grandes conjuntos insulares e amplas planícies. Contudo, em observação mais detalhada, seu leito é dominado por grandes formas de leito e barras arenosas transversais ao canal, típicas de rios entrelaçados do tipo South Saskatchewan (Souza Filho, 1991; 1993).

A coexistência de grandes formas insulares e de barras arenosas transversais é atribuída por Souza Filho et al. (2001) a um processo de ajuste fluvial em andamento desde a retomada de condições mais úmidas a cerca de 1500 anos antes do presente. Durante o domínio de condições mais áridas no intervalo entre 5000 e 1500 anos BP, a descarga fluvial era menor, a potência de corrente era mais baixa e o canal possuía padrão anastomosado (Souza Filho, 1994; Souza Filho & Stevaux, 1997).

Durante esse período de tempo o rio Paraná construiu sua planície argilosa e quando ocorreu a retomada de condições mais úmidas a descarga fluvial aumentou, a potência de corrente tornou-se maior e o canal passou a transportar maior quantidade de carga de fundo, transformando-se em um rio entrelaçado. A partir deste momento o canal passou a erodir os depósitos argilosos da planície e a depositar areia nos locais de menor velocidade de fluxo, mas o processo ainda está incompleto, pois ainda restam grandes porções insulares com base argilosa, testemunhos dos depósitos formados em período mais seco (Souza Filho, 1994).

Além disso, a construção de barragens no rio Paraná e nos afluentes de montante (Rocha et al., 1994) proporcionou o controle progressivo da descarga fluvial cujo ápice ocorreu no final de 1998, quando a barragem da UHE de Porto Primavera foi concluída (Souza Filho, 1999). Segundo este último autor, a partir de então o canal passou a sofrer um novo processo de ajuste fluvial proporcionado tanto pelo controle da descarga, mas principalmente pelo corte de suprimento detrítico, uma vez que toda a carga de fundo e a maior parte da carga suspensa ficam retidos no reservatório de Porto Primavera.

Nestas condições, surge a pergunta: será que os processos erosivos e deposicionais continuarão a ser como eram após a barragem? A melhor forma de responder a tal questão foi realizar a comparação entre a situação anterior à barragem e a situação posterior a ela.

No caso da erosão marginal, há um considerável acervo de estudos (Fernandez, 1990; Fernandez & Fulfaro, 1993; Rocha & Souza-Filho, 1996, 1996; Souza-Filho et al., 2001), mas no caso dos processos deposicionais há apenas um, que abordou a variação de área das ilhas Mutum

e Porto Rico (Souza Filho & Correa, 1999); embora existam estudos relativos à classificação das barras fluviais (Santos, 1991; Souza Filho, 1994; Souza Filho & Stevaux, 1997).

Por esta razão, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo em um grande conjunto insular (arquipélago das ilhas Floresta e Japonesa), abordando a sua evolução antes da conclusão da barragem de Porto Primavera e depois dela por meios indiretos e de controle de campo. Em ambos os casos a ênfase principal foi realizada na análise morfológica dos processos dos processos erosivos, onde o conhecimento a esse respeito é maior.

2 EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO ARQUIPÉLAGO FLORESTA JAPONESA (ALTO RIO PARANÁ) NO PERÍODO 1952-1996

2.1 INTRODUÇÃO

A morfologia de um sistema fluvial, dentro da bacia hidrográfica, reflete uma história denudacional e a paisagem do rio é caracterizada por sua hidrologia, morfologia (Petts & Foster, 1990) e a dinâmica do escoamento, ganha significância na atuação exercida pela água sobre os sedimentos do leito fluvial, no transporte dos sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito (Cristofolletti, 1981). Neste sentido, os sistemas fluviais podem ser entendidos como elementos condutores, que ligam as áreas de produção de sedimentos na bacia de drenagem e áreas deposicionais costeiras, além de importantes ambientes deposicionais de bacias de drenagem “interiores” (Leeder, 1982).

O aspecto morfológico do canal fluvial depende do equilíbrio entre erosão e deposição. Se um eventual desequilíbrio acontecesse entre esses processos, o canal fluvial sofreria um ajustamento de suas variáveis morfológicas com o objetivo de alcançar uma nova forma estável, compatível com as novas condições. O ajuste morfológico do canal ocorre em intervalos de tempos que podem variar de longo, médio e curto prazo, devido as flutuações na vazão de água e sedimentos (Richard, 1982). Os ajustes de longo prazo consistem na mudança gradual e progressiva das características físicas do canal, as quais são causadas por mudanças climáticas ou por influências tectônicas em intervalos que variam de centenas de milhares de anos. O ajuste de médio prazo é, freqüentemente, atribuído à atividades humanas (barragens e mudança no uso do solo), as quais criam um desequilíbrio temporal nas formas de canal, em questão de anos. Finalmente, o canal pode ser afetado em curto intervalo de tempo por eventos de extrema magnitude (inundações, p.e.), que possam causar fortes mudanças, seja nas características de planta ou na seção transversal do canal, em questão de horas.

A rapidez destas transformações depende da sensibilidade do canal às mudanças morfológicas. Os rios apresentam alterações que podem requerer de alguns dias à centenas de anos para serem percebidas (Cristofolletti, 1979).

Resultando da interação entre as forças do fluxo e a resistência do material geológico local, a forma do canal apresenta-se mutável com as oscilações de débitos. À medida que se eleva o nível das águas, há aumento da velocidade de fluxo e da força de cisalhamento que criam possibilidades para forças erosivas remanejarem o material sedimentar do leito, promovendo o

entalhamento do canal. Inversamente, como a carga detrítica que passa pela seção transversal é fornecida pela área montante, a diminuição gradativa do volume do fluxo vai permitindo a deposição da carga sedimentar transportada pelo rio, favorecendo a elevação do nível do leito. Entalhamento e deposição são dois processos que atuam modificando a forma do canal, promovendo ajuste entre as diversas variáveis, em curto lapso de tempo. Quando os processos de entalhamento e de deposição envolvem tendências gerais sob longos períodos de tempo, costuma-se descrevê-los pelo uso dos termos de degradação e agração (Cristofolletti, 1981).

Dentro desta visão, os estudos acerca da dinâmica fluvial exigem, comumente a adoção de uma perspectiva temporal visto que os geossistemas possuem certas propriedades que impedem uma resposta instantânea a seus fatores controladores (Novo, 1985).

O processo de erosão fluvial está entre os elementos mais dinâmicos da paisagem e o entendimento dos mecanismos de atuação é fundamental para a explicação da evolução dos diversos elementos da geomorfologia fluvial, que por sua vez é determinante na evolução dos ecossistemas de canais fluviais e das planícies de inundações.

Tendo em vista que a geomorfologia e sedimentologia fluvial estão grandemente embasadas e dependentes de estudos de casos de pequenos cursos de água, em parte por causa das dificuldades logísticas no estudo de grandes rios e de grandes bacias de drenagem, sendo que está é uma lacuna a ser preenchida pelos estudiosos do meio fluvial (Grupta, 1999), este trabalho visa contemplar o estudo da geomorfologia fluvial de grandes rios, numa tentativa de contribuir para o entendimento dos fatores controladores dos processos erosivos/deposicionais no Arquipélago Floresta/Japonesa, localizado a jusante da cidade de Porto Rico, no rio Paraná.

O conhecimento geomorfológico e hidrológico do alto rio Paraná iniciou-se na década de noventa do século passado e hoje dispõe de uma farta literatura que abrange mapas geomorfológicos, mapas geológicos e estudos estratigráficos e paleoambientais (Souza-Filho, 1991; 1993; Stevaux, 1993, 1994; Santos et al., 2001), estudos de erosão marginal (Fernandez, 1990; Rocha & Souza-Filho, 1996; Souza-Filho et al., 2001), de evolução de barras fluviais (Santos, 1991), palinológicos (Jabur, 1992), da influência de barragens (Rocha et al., 1994), variação de área entre arquipélagos (Souza-Filho & Correa, 1999) entre outros.

Num rio com carga sedimentar relativamente alta como o Paraná, as trocas de processos deposicionais e erosivos são muito ativas. A morfologia da seção do canal, ilhas, barras arenosas e das formas de leito em rio desta natureza mudam drasticamente ao longo do tempo.

Cabe ainda destacar que o entendimento funcional dos sistemas fluviais, dos aspectos hidrodinâmicos e das variáveis que mantêm o equilíbrio dinâmico, como as que relacionam com

a estabilidade das margens, devem levar em conta, o conhecimento qualitativo e quantitativo das mudanças é, por vez, de fundamental importância no gerenciamento rio, principalmente no tocante à navegação e assoreamento de represas, como no seu controle ecológico. Assim, o objetivo foi identificar a trajetória da modelagem erosivo-deposicional do Arquipélago Floresta/Japonesa na segunda metade do século passado, na expectativa de enriquecer os conhecimentos relativos do grande conjunto insular instalado no rio Paraná.

2.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada em um trecho do Alto rio Paraná, na região Sudeste do Mato Grosso do Sul e extremo Noroeste do Paraná. O clima da região é subtropical úmido mesotérmico Cfa (h) na classificação de Koppen, com temperatura média anual de 22⁰C e com índice pluviométrico médio anual de 1.200mm (PARANÁ, 1987). As chuvas distribuem-se durante todos os meses do ano, com o maior volume no período de setembro a dezembro, enquanto que as menores médias, são verificadas nos meses de junho a agosto e são superiores a 300mm.

Nesta região, o rio Paraná apresenta um padrão multicanal. No local sua vazão média anual é de 8.845 m³/s, de 16.400m³/s em margens plenas (período de retorno de 1,58 anos), e de 21.000m³/s em perímetro úmido máximo (período de retorno de 3,3 anos) (Souza-Filho, 1993). O rio é dividido em dois canais principais separados por extensos conjuntos de ilhas, e estas por sua vez são limitadas por canais secundários (Figura 1). O fluxo nos canais é dividido pelas ilhas e por extensas barras fluviais compostas por uma complexa sucessão de formas de leito. Na parte esquerda do canal, as velocidades de fluxo atingem cerca de 1,4 m/s, e a profundidade média do talvegue chega a 13m, enquanto que na parte direita a velocidade média diminui para 0,9 m/s e a profundidade média atinge 5 m. Nos canais secundários ambos os valores são mais baixos.

A sinuosidade de ambos canais é de 1,14, a declividade é próxima a 5,9 cm/km, e a relação largura/profundidade é superior a 100:1. A descarga sólida é de trinta milhões de toneladas anos, dos quais dez por cento é representado por carga de fundo. Os canais secundários a sinuosidade aumenta até 1,4 e a relação largura/profundidade é variável. Quando esta relação é inferior a 100:1, o canal tende a se alargar, e quando é maior, em geral é assoreado (Souza-Filho & Stevaux, 1997).

As ilhas são constituídas por sedimentos argilosos, originários de antigas planícies de inundação, por sedimentos argilo-arenosos que constituem diques marginais, e por areias

depositadas pelo canal fluvial (Souza-Filho, 1994).

O canal principal é dominado por dunas sub-aquosas e por ondas de areia, de granulação fina a média, que transitam sobre mega-ondulações com granulação grosseira (mega-ondas de areia e mega-dunas sub-aquosas) (Souza-Filho & Stevaux, 1997). As primeiras formas possuem grande mobilidade, tendo sido verificado deslocamento na ordem de 67 m/mês (Stevaux et al. 1995), enquanto que as formas gigantes mobilizam-se apenas nas grandes cheias, quando então o talvegue é rapidamente reposicionado. O conjunto de formas de leito pode aflorar à superfície formando barras fluviais com centenas ou milhares de metros de extensão, e uma complexa história erosiva deposicional.

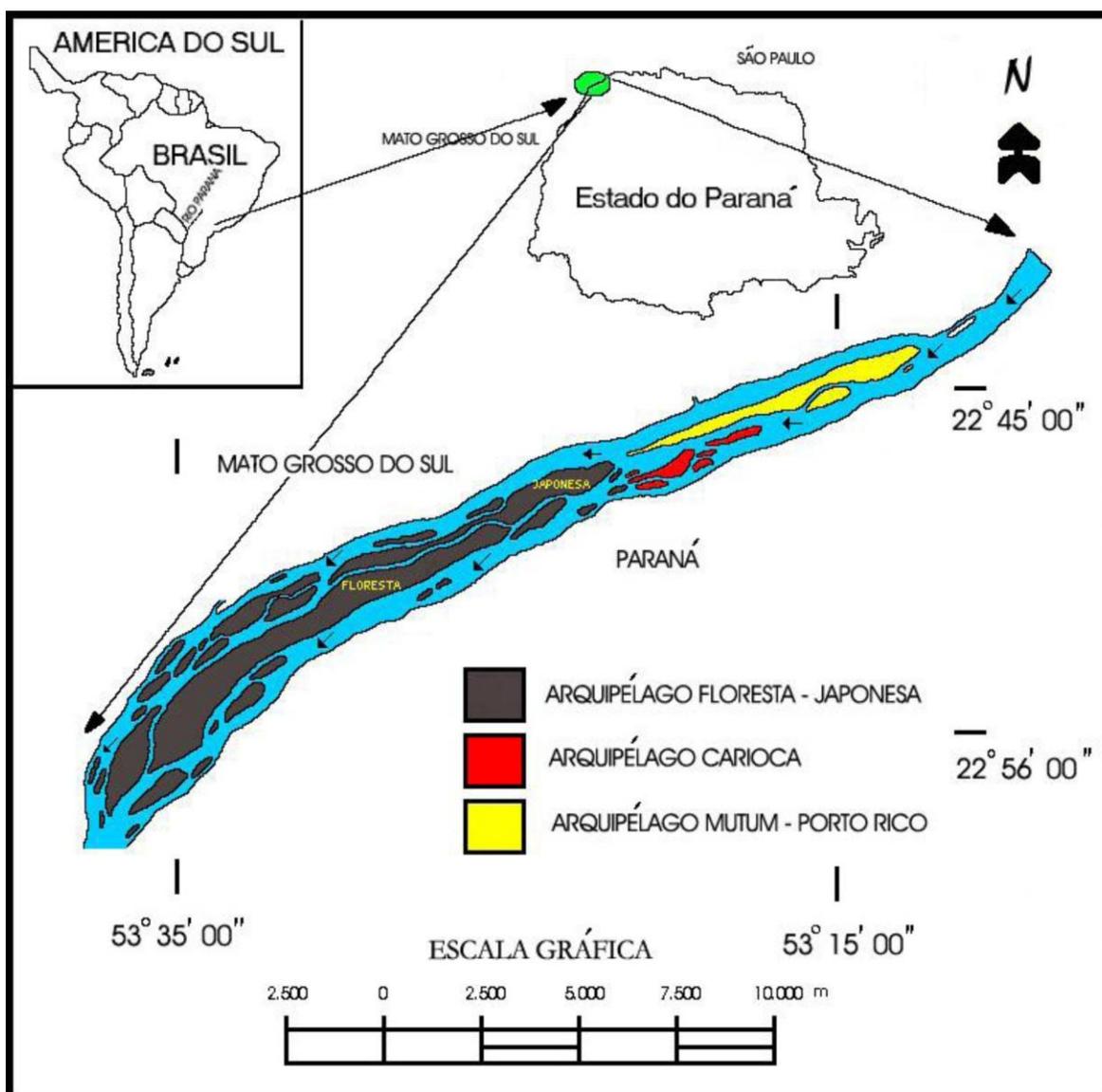


Figura 1 - Localização da área de estudo.

As características de erosão marginal, mobilidade de barras fluviais, relação largura profundidade, declividade, sinuosidade e transporte de carga de fundo permitiram a Souza-Filho

(1993), classificar o canal ativo como entrelaçado. Entretanto, o canal ativo exibe as feições de um sistema anastomosado em planta. Isso é devido à preservação de formas relícticas de um padrão pretérito daquele tipo, caracterizado por Souza-Filho (1994). As formas relícticas são representados pela planície de inundação, canais associados na margem direita e pelo conjunto insular. O canal ativo não está em equilíbrio com as formas herdadas do sistema anterior, uma vez que a maior parte da planície apenas é coberta de água a cada 3,3 anos (perímetro úmido máximo), e apenas sofrem acreção vertical em cheias com retorno superior a 14 anos (débitos superiores a 26.000 m³/s).

Diversos trabalhos no campo da geomorfologia e sedimentologia fluvial foram desenvolvidos na área de estudo, sendo que os de Souza-Filho & Stevaux (1997) e Stevaux et al. (1997) resumem os estudos relacionados à geomorfologia, estratigrafia e sedimentologia dos depósitos relativos à calha fluvial do rio Paraná nesta região.

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Métodos de estudos ligados as mudanças fluviais

As transformações nos canais fluviais, assim como a erosão marginal associada, podem ser estudadas por meios de diferentes métodos. O quadro 1 sumariza algumas técnicas para avaliar as causas e conseqüências das mudanças de canais fluviais.

O método de pesquisa de campo e construção de perfis são comumente utilizados para avaliar as mudanças no canal em diversos intervalos de tempo e podem permitir avaliações a partir de dias, meses ou anos. Fontes históricas, tais como, mapas, fotografias aéreas e dados fluviométricos são amplamente utilizados nos casos em que as mudanças no canal forem lentas e não permitam a observação direta em curtos intervalos de tempo (Schumm & Lichty, 1963; OToughlin, 1970; Burkam, 1972; Klimek & Trafas, 1972; Lewin & Hughes, 1976; Gregory, 1977; Novo, 1985 e Fernandez, 1990).

Destacam-se ainda os métodos utilizados por Everitt 1968 e os Hickin & Nanson (1975) que utilizam de técnicas botânicas (dendrocronologia) e sedimentos datáveis para avaliar as mudanças em antigos cursos fluviais.

Quadro 1 - Algumas fontes de informações para avaliar as causas e consequências das mudanças fluviais.

TÉCNICAS DE ESTUDOS

Pesquisa de campo e mensuração empíricas incluindo a construção de perfis

Métodos históricos

Incluindo, mapas de diferentes datas

fotografias aéreas

análises fluviométricas

Método que se baseia no uso das relações geométricas entre componentes das bacias hidrográficas

Técnicas de datações

Incluindo, técnicas botânicas

evidências sedimentológicas

RAZÕES PARA A MUDANÇAS DO CANAL

Mudanças no uso do solo da bacia que promove o aumento do pico das descargas

Remoção de floresta

Incluindo, queimadas

alagamentos

Mudança no uso do solo

Incluindo, práticas agrícolas diversas

efeitos do homem sobre as margens dos rios e planícies de inundações

drenagem de solos

Urbanização

Regulação direta das descargas no canal

Água represada em reservatórios reduzindo os fluxos de picos

Regulação do canal do rio

Regulação de parte do canal para proteção de cheias e navegação

Retificação artificial para prevenir de cheias

Extração mineral

Dragagem

Atividades de lazer

MUDANÇAS NATURAIS DO CANAL DO RIO

Mudanças na geometria do canal

Incluindo, aumento ou diminuição da competência do canal

largura do canal

desobstrução do canal

erosão marginal

acumulação de sedimentos no leito do rio, agradação

mudanças na forma do canal

Mudanças no padrão e perfil

Incluindo, desenvolvimento de novos canais ou tributários

sinuosidade (diminuição)

reativação de canais antigos

incisão do canal

destruição de planície de inundação ou agradação

erosão e deposição

formação de terraços

Adaptado de Gregory (1977).

2.3.2 As transformações no canal fluvial

A maioria dos estudos relacionados a morfodinâmica fluvial feitos até o momento se referem à regiões de clima temperado e rios de pequenas bacias de drenagem. Considerando, à área,

recurso disponível e alcance deste estudo, foi adotado o método que se baseia no acompanhamento de dados multitemporais de sensoriamento remoto, pertencentes aos levantamentos aerofotogramétricos da região, que foram realizados nos anos de 1952 (escala 1:25.000), 1965 (escala 1:60.000), 1970 (escala 1:25.000), 1980 (escala 1:25.000) e 1996 (escala 1:50.000).

A série fotográfica histórica foi preliminarmente analisadas com um auxílio de estereoscópio de bolso, marca D.F. Vasconcelos, onde se delimitou o contorno dos elementos da província geomórfica no canal (ilhas, barras vegetadas e barras sem vegetação). Posteriormente, as fotografias foram copiadas com auxílio de um “scanner” marca Genius Color EP, e através do programa Corel-Draw ® versão 10 foi feito o ajuste das diferentes escalas de fotografias aéreas. Em seguida, utilizou-se o programa Adobe Photoshop ® versão 6.0 para a confecção dos mosaicos e quantificação das áreas.

2.3.3 A variabilidade hidrológica

Segundo Poff et al. (1997) o fluxo natural de um rio varia conforme a escala de tempo avaliada, na ordem de horas, dias, estações do ano, e anos. No entanto, muitos anos de observação em uma estação fluviométrica geralmente são necessários para se descrever as características do padrão de fluxo de um rio, em termos de quantidade, periodicidade e variabilidade, que é o seu regime de fluxo natural. Em bacias hidrográficas que carecem de dados hidrológicos de longa série, as análises podem ser estendidas estatisticamente a partir de outra estação localizada na mesma área geográfica.

Na região, encontra-se a estação de Porto São José (ANEEL/BRASIL), com série histórica completa desde o ano de 1964. Entretanto, busca -se elucidar eventos geomórficos e hidrológicos, anteriores a este período histórico. Neste sentido, optamos por utilizar os dados fluviométricos da estação de Guaíra (ANEEL/BRASIL), a qual mantém informações diárias do fluxo desde meados de 1920. Rocha et al. (2001), correlacionou as descargas entre ambas estações, e obteve um índice de similaridade (R^2 : 0,9316) no regime de fluxo, que pode ser estendido a estação de Porto São José até o ano de 1921.

2.4 RESULTADOS

O papel do regime hidrológico e principalmente das enchentes na modelagem dos canais

fluviais é um assunto bastante discutido por vários geomorfólogos. É amplamente aceito que os conceitos morfológicos dos cursos fluviais decorrem do trabalho erosivo e deposicional dos eventos hidrológicos com frequência e magnitude próxima a Descarga Média Anual (Fernandez & Souza-Filho, 1995). Este conceito é de altíssima relevância para vários autores (Wolman & Miller, 1960 e Leopold et al., 1964) que afirmam que fluxos menores à descarga anual não são competentes para realizar um significativo trabalho de erosão apesar da sua alta frequência.

2.4.1 O comportamento hidrodinâmico da série histórica

Fernandez et al., 1995, citaram Andrew & Calver, 1977; Wolman & Gerson, 1978; Dury, 1980 e Nanson, 1986 como defensores da tese de que as grandes cheias desempenham um grande papel na modelagem da morfologia do canal e o ajuste morfológico da calha fluvial ocorre em resposta a um evento de cheia, podendo ter uma duração transitória ou permanente.

Na estação fluviométrica de Guaíra, a Descarga Média Anual (tabela 1) registrou variações entre os períodos. Para o períodos de 1952 a 1964, 1965 e 1969, 1970 a 1979 e entre 1980 e 1996 a vazão média atingiu $7.997\text{m}^3/\text{s}$, $9.232\text{m}^3/\text{s}$, $9.976\text{m}^3/\text{s}$, e $11.931\text{m}^3/\text{s}$ respectivamente.

Tabela 1 - Descarga média anual na estação Guaíra – Períodos entre 1952 1996.

Período	1952 a 1964	1965 a 1969	1970 a 1979	1980 a 1996
Vazão Média Anual	7.997 m³/s	9.232 m³/s	9.976 m³/s	11.931 m³/s

A série histórica desta estação permitiu calcular que o rio Paraná apresentou uma vazão média diária de $10.060\text{ m}^3/\text{s}$ (1952 a 1996), e uma vazão média diária (daily mean flow) de $9.508\text{ m}^3/\text{s}$ quando estimados valores desde 1921. A maior cheia já registrada foi de $33.740\text{ m}^3/\text{s}$ (18/02/1983), a vazão de margens plenas (bankfull flow) é de $17.292\text{ m}^3/\text{s}$ (o nível da água cobre as barras), e a vazão de margens plenas naturais (major flow) é de $22.875\text{ m}^3/\text{s}$ (o nível da água chega ao topo dos diques marginais antigos).

O cálculo dos valores de vazão média mensal (figura 2) mostra que o maior valor ocorre em fevereiro, e que os menores débitos ocorrem em agosto e setembro, acompanhando a distribuição temporal da precipitação na bacia de drenagem.

Os valores mencionados na tabela 3 referem-se a todo o conjunto de dados da série histórica. Os trabalhos de Rocha *et al.* (1994, 1998) apresentam uma análise preliminar destas séries, tendo analisado a taxa de permanência de débitos de diferentes ordens de grandeza, que apresentam

importância geomórfica e ecológica com base em quatro classes: “Vazante” (“Low Flow”, débitos inferiores à média diária), “Descarga Média” (“Mean Flow”, débitos maiores que a média e menores que o valor de margens plenas), “Margens Plenas” (“Bankfull Flow”, débitos com valores maiores que o de margens plenas e menores que o de margens plenas naturais), e “Máximo Perímetro Úmido” (“Major Flow”, débitos maiores que o valor de margens plenas naturais). Estas classes foram estabelecidas conforme o regime hidrológico e as áreas inundáveis, observadas através da compilação de dados tomados por fotografias aéreas e imagens de satélite de diferentes períodos, associados a hidrogramas e trabalhos de campo.

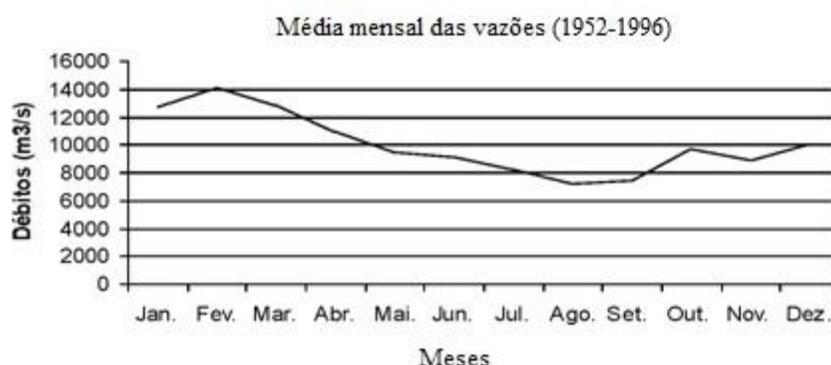


Figura 2 - Magnitude das médias mensais no período de 1952 a 1996 em Guaíra (PR).

De acordo com as descargas diárias registradas em Guaíra, ocorreram taxas com diferentes frequências nos períodos de 1952 a 1964, 1965 a 1969, 1970 a 1979 e 1980 a 1996 (tabela 2). Os resultados mostraram diminuição dos débitos em Vazante e elevação da frequência na ocorrência de débitos em Descargas Médias.

Tabela 2 - Frequência temporal das classes de descargas diárias em Guaíra, no período 1952 a 1996.

Descarga Período	(< 9.380 m ³ /s) Vazante	(9.380 a 17.292 m ³ /s) Descarga Média	(17.292 a 22.875 m ³ /s) Margens Plenas	(> 22.875 m ³ /s) Per. Úmido Máx.
1952 a 1964 (4.747 dias)	3.554 dias 74,87 %	1.074 dias 22,62 %	119 dias 2,51 %	0 dias 0,00 %
1965 a 1969 (1.826 dias)	1.174 dias 64,29 %	526 dias 28,81 %	119 dias 6,52 %	7 dias 0,38 %
1970 a 1979 (3.652 dias)	2.047 dias 56,05 %	1.396 dias 38,23 %	178 dias 4,87 %	31 dias 0,85 %
1980 a 1996 (6.210 dias)	1.870 dias 30,11 %	3.619 dias 58,28 %	524 dias 8,44 %	197 dias 3,17 %
1952 a 1996 (16.435 dias)	8.645 dias 52,60 %	6.615 dias 40,25 %	940 dias 5,72 %	235 dias 1,43 %

Os valores menores que $9.380\text{m}^3/\text{s}$ (faixa que corresponde a Vazante), semelhantes ou inferiores a média anual totalizaram 8.645 dias (56,60%) dos dias, embora tenham mostrado decréscimos de 74,84%, para 30,11% entre o do primeiro e o quarto período.

Os valores superiores a $22.875\text{m}^3/\text{s}$ (Perímetro Úmido Máximo), maiores que a média das cheias máximas foram de 235 dias (1,43%), tendo o terceiro período participado com as maiores cheias e com nenhum evento diário ocorrido no primeiro período.

Cabe ainda destacar, que o quarto período (1980 a 1996) esteve influenciado pelo fenômeno do *El Nino*, (ENOS), que promoveu grandes cheias nos anos de 1982 e 1983, elevando as classes de Margens Plenas e Perímetro Úmido Máximo.

Numa escala de tempo que extrapola a esta análise, a história hidrológica do rio Paraná parece conduzir a evolução e intensidade dos processos geomórficos na sua calha principal. Stevaux (1993), cita que o canal do rio Paraná escavou os resistentes paredões do arenito Caiuá, provavelmente no início do Quaternário e que desde então, o mesmo encontra-se ainda em processo de ajustamento.

As figuras 3, 4, 5, 6 e 7 representam as respectivas feições em planta do arquipélago registradas nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996. Os dados quantitativos das áreas e suas respectivas diferenças entre os períodos, encontram-se nas seguintes tabelas: (período de 1952 a 1965, tabela 3); (período de 1965 a 1970, tabela 4); (período de 1970 a 1980, tabela 5); (período de 1980 a 1996, tabela 6). Por fim, a tabela 7, demonstrando as áreas dos anos de 1952 e de 1996.

2.4.2 A evolução geomórfica do arquipélago

No ano de 1952 o arquipélago possuía uma área total de 7.142,79 ha. Deste valor, 6.933,86 ha representava a área de 48 ilhas e 208,93 ha corresponde a 35 barras, sem qualquer vestígio de vegetação.

Em 1965 a área total do arquipélago obteve um aumento de 59,35 ha (0,83%) quando comparado com o ano de 1952, passando de 7.142,79 ha para 7.202,14 ha. Evidenciou-se também, uma diminuição de 48 para 40 do número de ilhas. Na maior parte, esta subtração aconteceu em função de algumas ilhas se soldarem uma a outra, como no caso da ilha 12 que soldou-se com a 13; das ilhas 23, 27, 29 e 30 que soldaram com a ilha 22, das que soldaram na margem esquerda do rio (ilhas 10 e 11) ou por erosão (ilha 43). Além das 40 ilhas que tiveram uma área de 7.103,41 ha, constatou-se ainda a presença de 10 barras, sendo 03 barras vegetadas com área de 28,73 ha e 07 barras sem vegetação, com área de 69,99 ha.

A progressão areal atingiu seu ápice em 1970. O aumento foi de 350,13ha (4,86%) quando comparados com o ano de 1965. Neste ano o arquipélago apresentou 36 ilhas com área de 7.240,20 ha e 48 barras, sendo 08 vegetadas com área de 84,42 ha e 40 sem vegetação com uma área de 79,63 ha. Evidenciou-se ainda, a erosão da ilha 08, soldagem da ilha 09 com a barra vegetada B, soldagem entre as ilhas 24-22 e 41-07; e soldagem da ilha 47 com a margem direita do rio.

Ao contrário dos aumentos constatados nos anos de 1965 e 1970, o ano de 1980 mostrou um declínio de área. O arquipélago apresentou uma área total de 7.238,02 ha, ou seja, 314,25 hectares a menos do que o ano anterior (- 4,34%). Existiam neste ano, 34 ilhas, 09 barras vegetadas e 14 sem vegetação. As áreas das ilhas totalizavam 7.073,96 ha; das barras vegetadas 84,42 ha. e das sem vegetação 79,63 hectares.

Destacou-se ainda neste ano, a erosão da ilha 15; a erosão das barras vegetadas D e G, o soldamento das ilhas 18 na margem esquerda (PR) e 19, soldada ao Conjunto Carioca. Além disso, as ilhas 44 e 45 que no ano de 1970 encontravam-se soldadas, voltaram a se separar.

Seguido ao declínio no ano de 1980, o ano de 1996 também apresentou redução de área. Neste ano, a área total do arquipélago apresentou 7.180,06ha, o que representa a uma redução de 57,96ha (0,81%) quando comparado ao ano 1980 e de 37,27 ha (0,52%) quando comparado com o ano de 1952. Compunha o arquipélago neste ano, 33 ilhas, 04 barras vegetadas e 28 barras sem vegetação. As áreas das ilhas totalizavam 6.876,46 ha; as barras vegetadas 53.94ha e das sem vegetação 249,65ha. Destacaram-se ainda, as mudanças verificadas com a ilha 41 e a barra vegetada C, que foram respectivamente soldadas à ilha 07 (Floresta) e Ilha 42 (Barbado).

Para uma melhor visualização gráfica e entendimento da evolução da área, dividimos o arquipélago em seis unidades, tais como, Ilhas muito grandes representadas pelas Ilhas Floresta (07) e Japonesa (22) que tem área >1.000ha; Ilhas grandes (Ilhas 42, 32, 16, 31, 02, 05 e 27) com área < 550ha (figura 8); Ilhas médias (Ilhas 38, 35, 39, 06, 24, 26, 37, 25 e 23) com área < 50ha (figura 9); Ilhas pequenas (Ilhas 04, 36, 28, 48, 01,14, 10, 12, 44, 41, 45) com área < 35ha (figura 10); Ilhas muito pequenas (Ilhas 29, 15, 30, 21, 47, 08, 43, 13, 11) (figura 11).

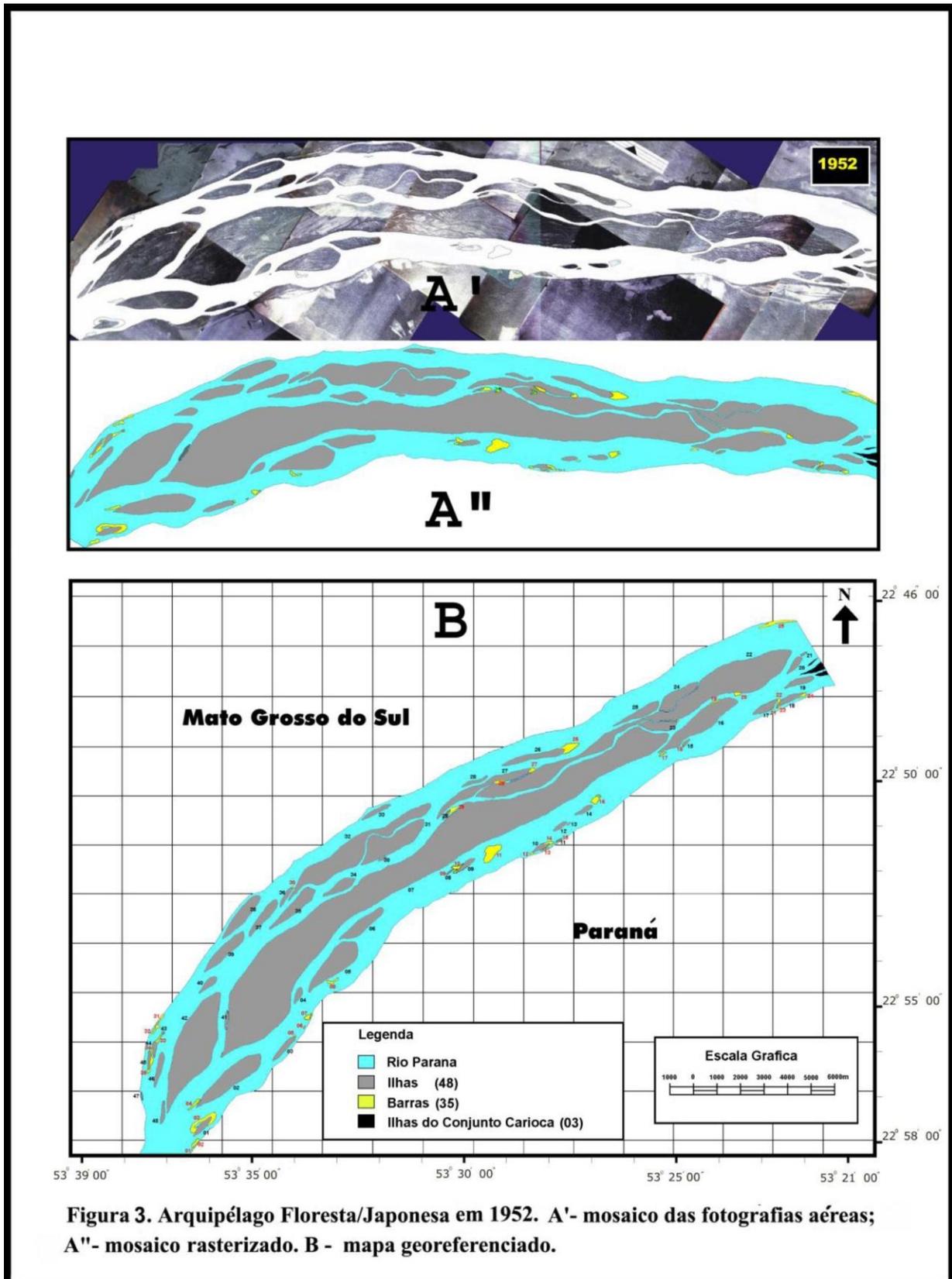


Tabela 3 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1952 e 1965, acompanhados das respectivas diferenças.

Ilhas	ANOS				VARIACÕES			
	1952		1965		ABSOLUTAS		RELATIVAS	
	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)
01	136.230	13,62	204.345	20,43	68.115	6,81	50,00	50,00
02	1.920.898	192,09	1.942.626	194,26	21.728	2,17	1,13	1,13
03	276.611	27,66	299.560	29,95	22.949	2,29	8,29	8,29
04	153.808	15,38	156.494	15,64	2.686	0,26	1,47	1,47
05	1.790.283	179,02	1.806.640	180,66	16.357	1,64	0,91	0,91
06	828.857	82,88	843.750	84,37	14.893	1,49	1,79	1,79
07	31.554.687	3.155,46	31.656.250	3.165,62	101.563	10,14	0,32	0,32
08	16.113	1,61	35.156	3,51	19.043	1,90	118,18	118,18
09	166.992	16,69	307.617	30,76	140.625	14,07	84,21	84,21
10	119.629	11,96	Soldada na margem esquerda (PR)					
11	8.789	0,87	Soldada na margem esquerda (PR)					
12	109.131	10,91	12+13 (IS)					
13	14.404	1,44	138.671	13,86	15.136	12,42	12,25	12,25
14	135.253	13,52	145.751	14,57	10.498	1,05	7,76	7,76
15	42.968	4,29	47.119	4,71	4.151	0,42	9,66	9,66
16	2.081.543	208,15	2.120.605	212,06	39.062	3,91	1,87	1,87
17	279.297	27,92	325.195	32,51	45.898	4,59	16,43	16,43
18	236.816	23,68	318.115	31,81	81.299	8,13	34,33	34,33
19	281.250	28,12	276.123	27,61	- 5.127	- 0,51	- 1,82	- 1,82
20	195.068	19,50	186.279	18,62	- 8.789	- 0,88	- 4,50	- 4,50
21	29.053	2,90	40.283	4,02	11.230	1,12	38,65	38,65
22	8.929.932	892,99	11.012.939	1.101,29	2.083.007	208,30	23,32	23,32
23	524.658	52,46	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
24	775.146	77,51	795.654	79,56	20.508	2,05	2,64	2,64
25	535.156	53,51	594.726	59,47	59.570	5,96	11,13	11,13
26	629.150	62,91	876.953	87,69	247.803	24,78	39,38	39,38
27	1.002.441	100,24	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
28	148.437	14,84	156.738	15,67	8.301	0,83	5,59	5,59
29	43.701	4,37	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
30	37.598	3,75	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
31	2.036.376	203,63	2.132.324	213,23	95.948	9,60	4,71	4,71
32	3.829.345	382,93	3.907.226	390,72	77.881	7,79	2,03	2,03
33	220.215	22,02	223.876	22,38	3.661	0,36	1,66	1,66
34	457.519	45,75	503.662	50,36	46.143	4,61	10,08	10,08
35	904.785	90,47	923.339	92,33	18.554	1,86	2,05	2,05
25	535.156	53,51	594.726	59,47	59.570	5,96	11,13	11,13
26	629.150	62,91	876.953	87,69	247.803	24,78	39,38	39,38
27	1.002.441	100,24	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
28	148.437	14,84	156.738	15,67	8.301	0,83	5,59	5,59
29	43.701	4,37	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
30	37.598	3,75	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
31	2.036.376	203,63	2.132.324	213,23	95.948	9,60	4,71	4,71
32	3.829.345	382,93	3.907.226	390,72	77.881	7,79	2,03	2,03
33	220.215	22,02	223.876	22,38	3.661	0,36	1,66	1,66
34	457.519	45,75	503.662	50,36	46.143	4,61	10,08	10,08
35	904.785	90,47	923.339	92,33	18.554	1,86	2,05	2,05
36	152.344	15,23	183.349	18,33	31.005	3,10	20,35	20,35
37	554.443	55,44	550.781	55,07	- 3.662	- 0,37	- 0,66	- 0,66
38	911.865	91,18	894.042	89,40	- 17.823	- 1,79	- 1,95	- 1,95
39	843.262	84,32	854.003	85,40	10.741	1,08	1,27	1,27
40	221.680	22,16	234.863	23,48	13.183	1,32	5,94	5,94
41	101.562	10,15	103.027	10,30	1.465	0,15	1,44	1,44
42	5.409.180	540,91	5.528.076	552,80	118.896	11,89	2,20	2,20
43	15.138	1,51	Erodida					
44	107.178	10,71	121.826	12,18	14.648	1,47	13,66	13,66
45	88.867	8,88	154.052	15,40	65.185	6,52	69,97	69,97
46	311.035	31,10	286.865	28,68	- 24.170	- 2,42	- 7,77	- 7,77
47	27.832	2,78	20.996	2,09	- 6.836	- 0,69	- 24,56	- 24,56
48	142.090	14,20	124.267	12,42	- 17.823	- 1,78	- 12,54	- 12,54
Total	69.338.615	6.933,92	71.034.163	7.103,41	-	-	-	-

Continuação da tabela 3.

Barras Veg.

A	-	-	13.427	1,34	-	-	-	-
B	-	-	86.181	8,61	-	-	-	-
C	-	-	187.744	18,77	-	-	-	-
Total	-	-	287.352	28,73	-	-	-	-

Barras S/Veg.

Total	1 2.089.351	208,93	699.948	69,99	-	-	-	-
Área Total	71.427.966	7.142,79	72.021.463	7.202,14	-	-	-	-

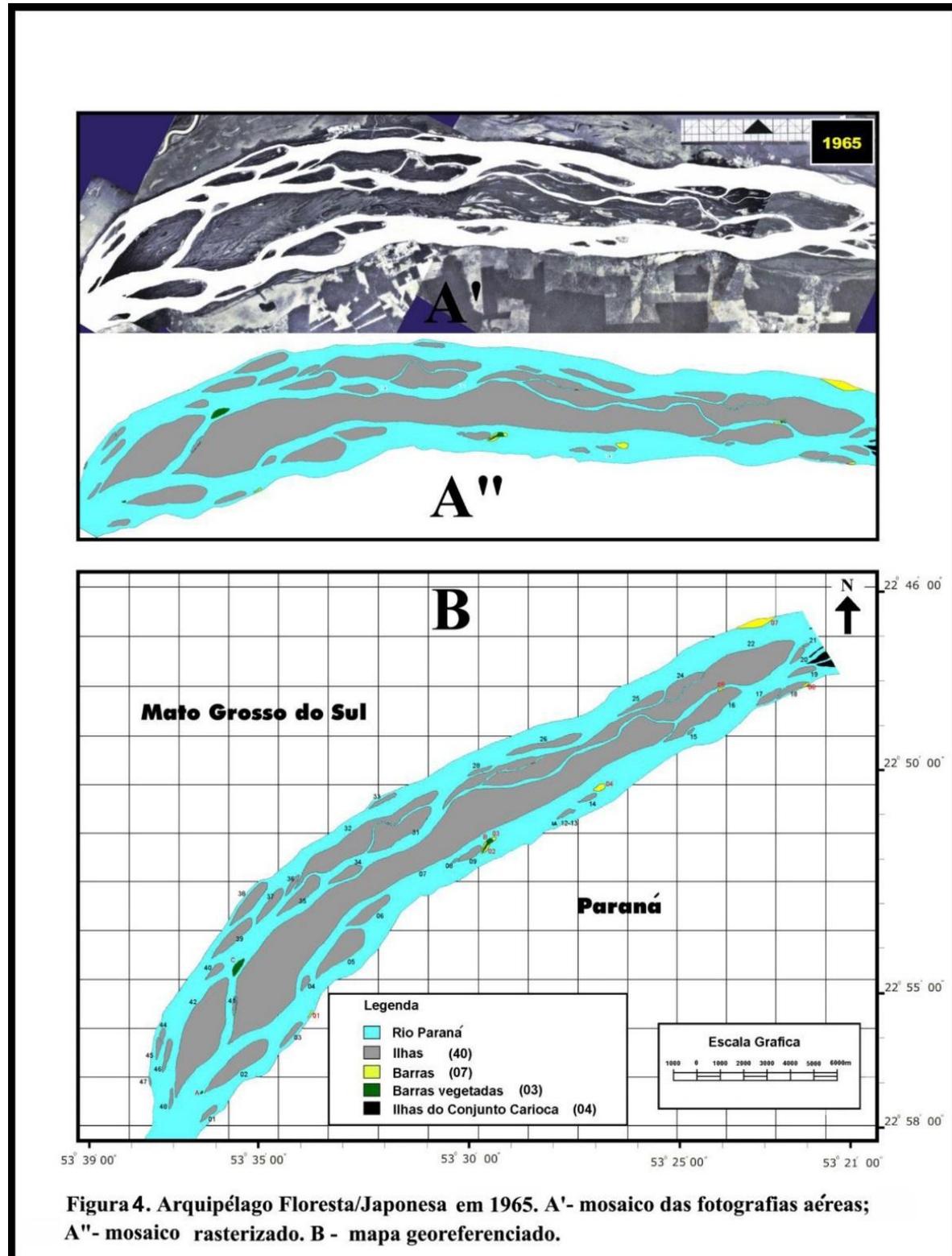


Tabela 4 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1965 e 1970, acompanhados das respectivas diferenças.

Ilhas	ANOS				VARIÇÕES			
	1965		1970		ABSOLUTAS		RELATIVAS	
	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)
01	204.345	20,43	252.441	25,24	48.096	4,81	23,53	23,53
02	1.942.626	194,26	2.012.939	201,29	70.313	7,03	3,62	3,62
03	299.560	29,95	328.369	32,84	28.809	2,89	9,62	9,62
04	156.494	15,64	130.615	13,06	- 25.879	- 2,58	- 16,54	- 16,54
05	1.806.640	180,66	1.811.523	181,15	4.883	0,49	0,27	0,27
06	843.750	84,37	795.166	79,51	- 48.584	- 4,86	- 5,76	- 5,76
07	31.656.250	3.165,62	31.632.812	3.163,28	- 23.438	- 2,34	- 0,07	- 0,07
08	35.156	3,51	Erodida					
09	307.617	30,76	9+B					
			(IS) 499.267	49,92	105.469	10,54	30,76	30,76
12-13 (IS)	138.671	13,86	150.391	15,03	11.720	1,17	8,45	8,45
14	145.751	14,57	157.959	15,79	12.208	1,22	7,37	7,37
15	47.119	4,71	58.838	5,88	11.719	1,17	24,87	24,87
16	2.120.605	212,06	2.242.432	224,24	121.827	12,18	5,74	5,74
17	325.195	32,51	372.558	37,25	47.363	4,74	14,56	14,56
18	318.115	31,81	408.935	40,89	90.820	9,08	28,54	28,54
19	276.123	27,61	294.678	29,46	18.555	1,85	6,72	6,72
20	186.279	18,62	167.969	16,79	- 18.310	- 1,83	- 9,83	- 9,83
21	40.283	4,02	35.889	3,58	- 4.394	- 0,44	- 10,90	- 10,90
22	11.012.939	1.101,29	12.360.107	1.236,01	1.347.168	134,72	12,23	12,23
24	795.654	79,56	Soldada à ilha 22 (Japonesa)					
25	594.726	59,47	579.346	57,93	- 15.380	- 1,54	- 2,59	- 2,59
26	876.953	87,69	922.119	92,21	45.166	4,52	5,15	5,15
28	156.738	15,67	159.668	15,96	2.930	0,29	1,86	1,86
31	2.132.324	213,23	2.182.861	218,28	50.537	5,05	2,37	2,37
32	3.907.226	390,72	3.932.617	393,26	25.391	2,54	0,65	0,65
33	223.876	22,38	247.070	24,70	23.194	2,32	10,36	10,36
34	503.662	50,36	527.589	52,75	23.927	2,39	4,75	4,75
35	923.339	92,33	971.924	97,19	48.585	4,86	5,26	5,26
36	183.349	18,33	162.109	16,21	- 21.240	- 2,12	- 11,58	- 11,58
37	550.781	55,07	603.271	60,32	52.490	5,25	9,53	9,53
38	894.042	89,40	1.012.695	101,26	118.653	11,86	13,27	13,27
39	854.003	85,40	905.273	90,52	51.270	5,12	6,00	6,00
40	234.863	23,48	237.060	23,70	2.197	0,22	0,93	0,93
41	103.027	10,30	Soldada à ilha 07 (Floresta)					
42	5.528.076	552,81	5.493.652	549,36	- 34.424	- 3,45	- 0,62	- 0,62
44	121.826	12,18	44+45					
45	154.052	15,40	(IS) 317.138	31,71	41.260	4,13	14,95	14,95
46	286.865	28,68	303.955	30,39	17.090	1,71	5,96	5,96
47	20.996	2,10	Soldada à margem direita (MS)					
48	124.267	12,42	130.859	13,08	6.592	0,66	5,30	5,30
Total	71.034.163	7.103,41	72.402.094	7.240,20				
Barras Veg.								
	13.427	1,34	15.625	1,56	2.198	0,22	16,37	16,37
B	86.181	8,61	Soldada à ilha 09					
C	187.744	18,77	243.211	24,32	55.467	5,55	29,54	29,54
D	-	-		2,39	-	-	-	-
E	-	-	89.111	8,91	-	-	-	-
F	-	-	142.822	14,28	-	-	-	-
G	-	-	20.725	2,07	-	-	-	-
H	-	-	28.808	2,88	-	-	-	-
I	-	-	18.310	1,83	-	-	-	-
Total	287.352	28,73	582.538	58,25				
Barra S/Veg.								
Total	699.948	69,99	2.578.119	257,78				
Área Total	72.021.463	7.202,14	75.562.751	7.556,27				

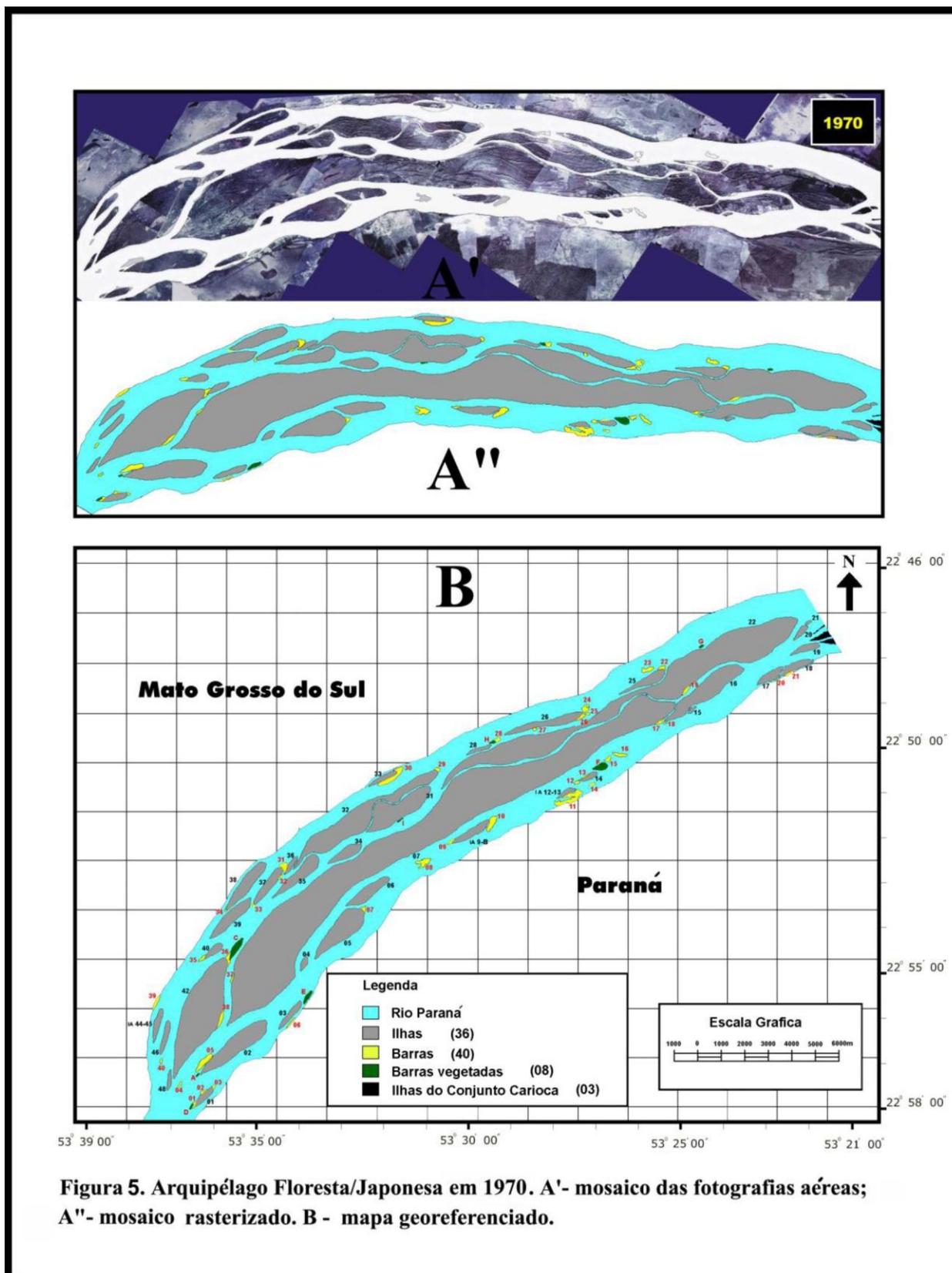


Tabela 5 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1970 e 1980, acompanhados das respectivas diferenças

Ilhas	ANOS				VARIACÕES			
	1970		1980		ABSOLUTAS		RELATIVAS	
Nº	Área (m ²)	Área (ha)	Área (m ²)	Área (ha)	Área (m ²)	Área (ha)	Área (m ²)	Área (ha)
01	252.441	25,24	316.406	31,64	63.965	6,40	25,33	25,33
02	2.012.939	201,29	1.948.730	194,87	- 64.209	6,42	- 3,18	- 3,18
03	328.369	32,83	319.092	31,90	- 9.277	- 0,93	- 0,28	- 0,28
04	130.615	13,06	131.592	13,15	977	0,09	0,75	0,75
05	1.811.523	181,15	1.802.001	180,20	- 9.522	- 0,90	- 0,52	- 0,52
06	795.166	79,51	776.367	77,63	- 18.799	- 1,88	- 2,36	- 2,36
07	31.632.812	3.163,28	31.217.529	3.121,75	- 415.283	- 41,53	- 1,31	- 1,31
9+B (IS)	499.267	49,92	495.117	49,51	- 4.150	- 0,41	- 0,83	- 0,83
12+13 (IS)	150.391	15,03	140.869	14,08	- 9.522	- 0,95	- 6,33	- 6,33
14	157.959	15,79	160.156	16,01	2.197	0,22	1,39	1,39
15	58.838	5,88	Erodida					
16	2.242.432	224,24	2.086.725	208,67	- 155.707	- 15,57	- 9,94	- 9,94
17	372.558	37,25	359.441	35,94	- 13.117	- 1,31	- 3,52	- 3,52
18	408.935	40,89	Soldada na margem esquerda (PR)					
19	294.678	29,47	Soldada ao Conjunto Carioca					
20	167.969	16,79	178.955	17,89	10.986	1,10	6,54	6,54
21	35.889	3,58	24.169	2,41	- 11.720	- 1,17	- 32,6	- 32,6
22	12.360.107	1.236,01	11.982.177	1.198,21	- 377.930	- 37,80	- 3,06	- 3,06
25	579.346	57,93	611.572	61,15	32.226	3,22	5,56	5,56
26	922.119	92,21	906.250	90,62	- 15.869	- 1,59	- 1,72	- 1,72
28	159.668	15,96	138.916	13,89	- 20.752	- 2,07	- 12,99	- 12,99
31	2.182.861	218,28	2.233.887	223,38	51.026	5,10	2,33	2,33
32	3.932.617	393,26	4.054.932	405,49	122.315	12,23	3,11	3,11
33	247.070	24,70	253.418	25,34	6.348	0,62	2,56	2,56
34	527.589	52,75	513.916	51,39	- 13.673	- 1,36	- 2,59	- 2,59
35	971.924	97,19	970.459	97,04	- 1.465	- 0,15	- 0,15	- 0,15
36	162.109	16,21	188.476	18,84	26.367	2,63	16,26	16,26
37	603.271	60,32	516.357	51,63	- 86.914	- 8,69	- 14,41	- 14,41
38	1.012.695	101,26	818.115	81,81	- 194.580	- 19,45	- 19,21	- 19,21
39	905.273	90,52	893.799	89,37	- 11.474	- 1,15	- 1,27	- 1,27
40	237.060	23,70	216.064	21,60	- 20.996	- 2,10	- 8,85	- 8,85
41	Soldada à Ilha 07		111.816	11,18	-	-	-	-
42	5.493.652	549,36	5.660.400	566,04	166.748	16,68	3,03	3,03
44-45 (IS)	317.138	31,71	44 118.652 45 185.547	11,86 18,55	-	-	-	-
46	303.955	30,39	278.320	27,83	- 25.635	- 2,56	- 0,84	- 0,84
48	130.859	13,08	129.394	12,93	- 1.465	- 0,15	- 1,12	- 1,12
Total	72.402.094	7.240,20	70.739.616	7.073,96	-	-	-	-
Barras Veg.								
	15.625	1,56	15.869	1,58	244	0,02	1,59	1,59
C	243.211	24,32	255.859	25,58	12.648	1,26	5,20	5,20
D	23.926	2,39	Erodida					
E	89.111	8,91	108.398	10,83	19.287	1,92	21,64	21,64
F	142.822	14,28	124.023	12,40	- 18.799	- 1,88	- 13,16	- 13,16
G	20.725	2,07	Erodida					
H	28.808	2,88	13.183	1,31	- 15.625	- 1,57	- 54,24	- 54,24
I	18.310	1,83	11.719	1,17	- 6.591	- 0,66	- 35,99	- 35,99
J	-	-	244.141	24,41	-	-	-	-
K	-	-	65.185	6,52	-	-	-	-
L	-	-	5.859	0,58	-	-	-	-
Total	582.538	58,25	844.236	84,42	-	-	-	-
Barras S/Veg.								
Total	2.578.119	257,81	796.385	79,63	-	-	-	-
Área Total	75.562.751	7.552,27	72.380.237	7.238,02	-	-	-	-

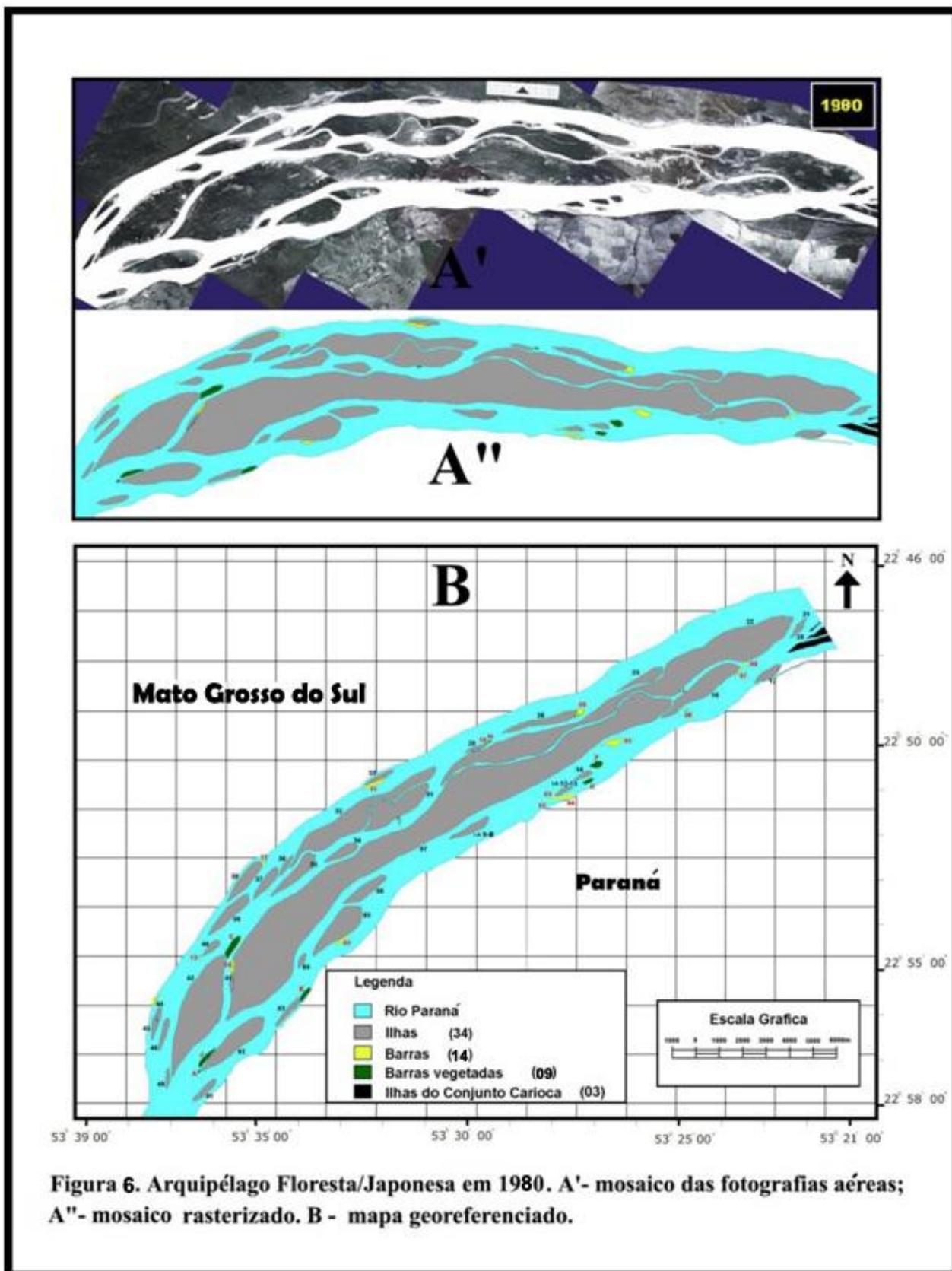


Tabela 6 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1980 e 1996, acompanhados das respectivas diferenças.

Ilha Nº	ANOS				VARIÇÕES			
	1980		1996		ABSOLUTAS		RELATIVAS	
	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)	Area (m ²)	Area (ha)
01	316.406	31,64	281.001	28,10	- 35.405	- 3,54	- 11,19	- 11,19
02	1.948.730	194,87	1.888.671	188,86	- 60.059	- 6,01	- 3,08	- 3,08
03	319.092	31,90	312.500	31,25	- 6.592	- 0,65	2,06	2,06
04	131.592	13,15	139.892	13,98	8.300	0,83	6,31	6,31
05	1.802.001	180,20	1.743.896	174,38	- 58.105	- 5,82	- 3,22	- 3,22
06	776.367	77,63	750.000	75,00	- 26.367	- 2,63	- 3,40	- 3,40
07	31.217.529	3.121,75	30.452.392	3.045,23	- 765.137	- 76,52	- 2,45	- 2,45
9+B (IS)	495.117	49,51	438.964	43,89	- 56.153	- 5,60	- 11,34	- 11,34
12+13 (IS)	140.869	14,08	127.929	12,79	- 12.940	- 1,29	- 9,18	- 9,18
14	160.156	16,01	158.447	15,84	- 1.709	- 0,17	- 1,07	- 1,07
16	2.086.725	208,67	1.886.474	188,64	- 200.251	- 20,01	- 9,59	- 9,59
17	359.441	35,94	332.763	33,27	- 26.678	- 2,65	- 7,42	- 7,42
20	178.955	17,89	153.076	15,30	- 25.879	- 2,57	- 14,46	- 14,46
21	24.169	2,41	10.253	1,02	- 13.916	- 1,39	- 57,58	- 57,58
22	11.982.177	1.198,21	11.827.636	1.182,76	- 154.541	- 15,45	- 1,28	- 1,28
25	611.572	61,15	570.031	57,03	- 41.541	- 4,12	- 6,79	- 6,79
26	906.250	90,62	830.566	83,05	- 75.684	- 7,55	- 8,35	- 8,35
28	138.916	13,89	125.244	12,52	- 13.672	- 1,37	- 9,84	- 9,84
31	2.233.887	223,38	2.050.537	205,05	- 183.350	- 18,33	- 8,20	- 8,20
32	4.054.932	405,49	3.916.992	391,69	- 137.940	- 13,78	- 3,40	- 3,40
33	253.418	25,34	294.677	29,46	41.259	4,12	16,28	16,28
34	513.916	51,39	500.976	50,09	- 12.940	- 1,28	- 2,52	- 2,52
35	970.459	97,04	900.634	90,06	- 69.825	- 6,98	- 7,19	- 7,19
36	188.476	18,84	175.537	17,55	- 12.939	- 1,29	- 6,86	- 6,86
37	516.357	51,63	537.597	53,75	21.240	2,12	4,11	4,11
38	818.115	81,81	896.484	89,64	78.369	7,83	9,58	9,58
39	893.799	89,37	1.010.498	101,04	116.699	11,67	13,05	13,05
40	216.064	21,60	247.070	24,70	31.006	3,71	14,35	14,35
41	111.816	11,18	Soldada à Ilha 07 (Floresta)					
42	5.660.400	566,04	5.590.820	559,08	- 69.580	- 6,96	- 12,29	- 12,29
44	118.652	11,86	44+45 (IS)					
45	185.547	18,55	234.700	23,47	- 69.499	- 6,95	- 22,85	- 22,85
46	278.320	27,83	274.414	27,44	- 3.906	- 0,39	- 1,40	- 1,40
48	129.394	12,93	104.003	10,40	- 23.391	- 2,53	- 18,07	- 18,07
Total	70.739.916	7.073,96	68.764.674	6.876,46	-	-	-	-
Barras Veg.								
	15.869	1,59	Erodida					
C	255.859	25,58	Soldada à Ilha 42					
E	108.398	10,84	163.330	16,33	54.932	5,49	50,68	50,68
F	124.023	12,40	107.421	10,74	- 16.602	- 1,66	- 13,39	- 13,39
H	13.183	1,31	8.789	0,87	- 4.394	- 0,44	- 33,33	- 33,33
I	11.719	1,17	Erodida					
J	244.141	24,41	152.200	15,22	- 91.941	- 9,19	62,34	- 62,34
K	65.185	6,52	Erodida					
L	5.859	0,58	Erodida					
M	-	-	107.666	10,77	-	-	-	-
Total	844.236	84,42	539.406	53,94	-	-	-	-
Barras S/Veg.								
Total	796.385	79,63	2.496.568	249,65	-	-	-	-
Área Total	72.380.237	7.2038,02	71.800.648	7.180,06	-	-	-	-

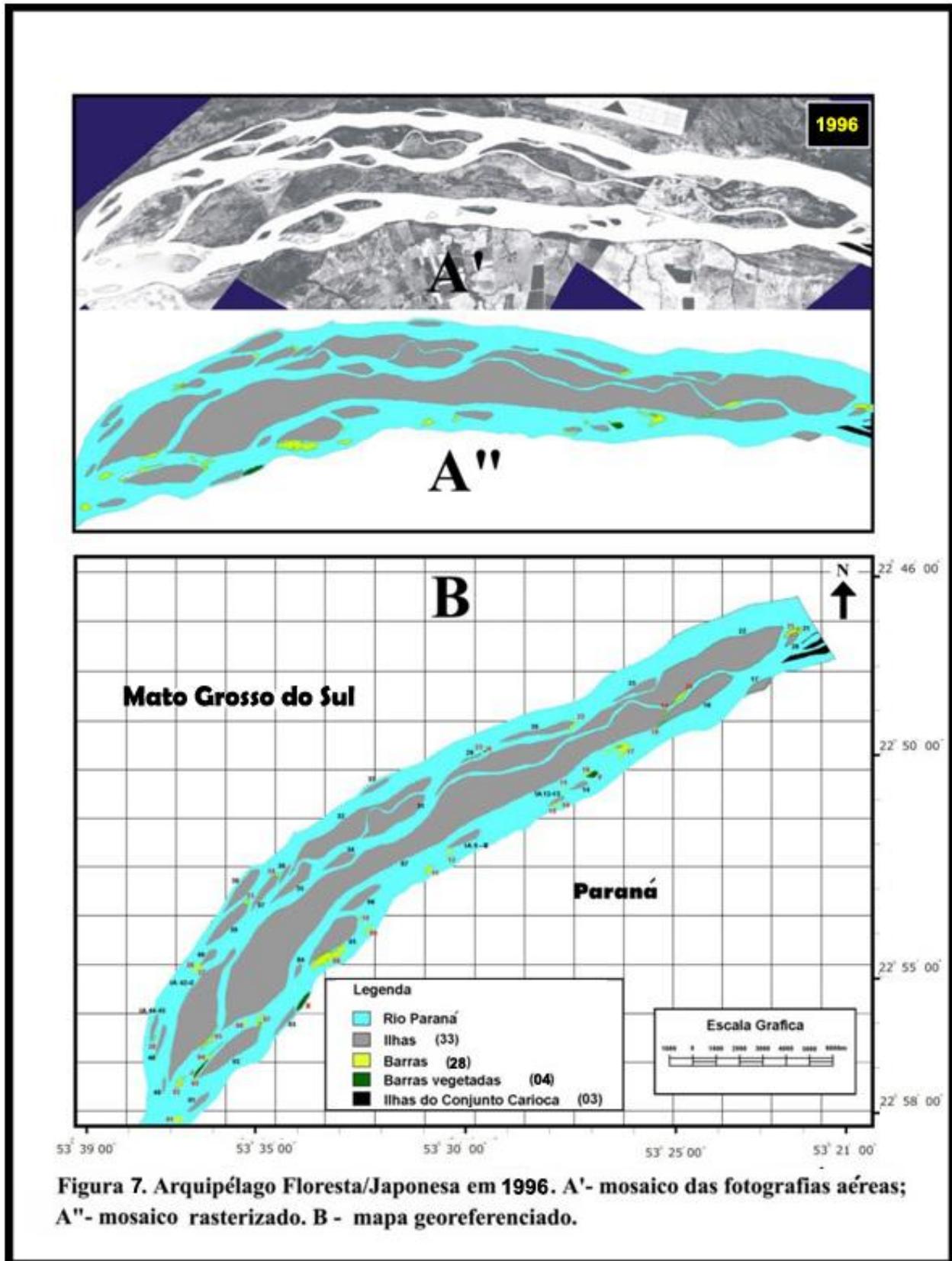
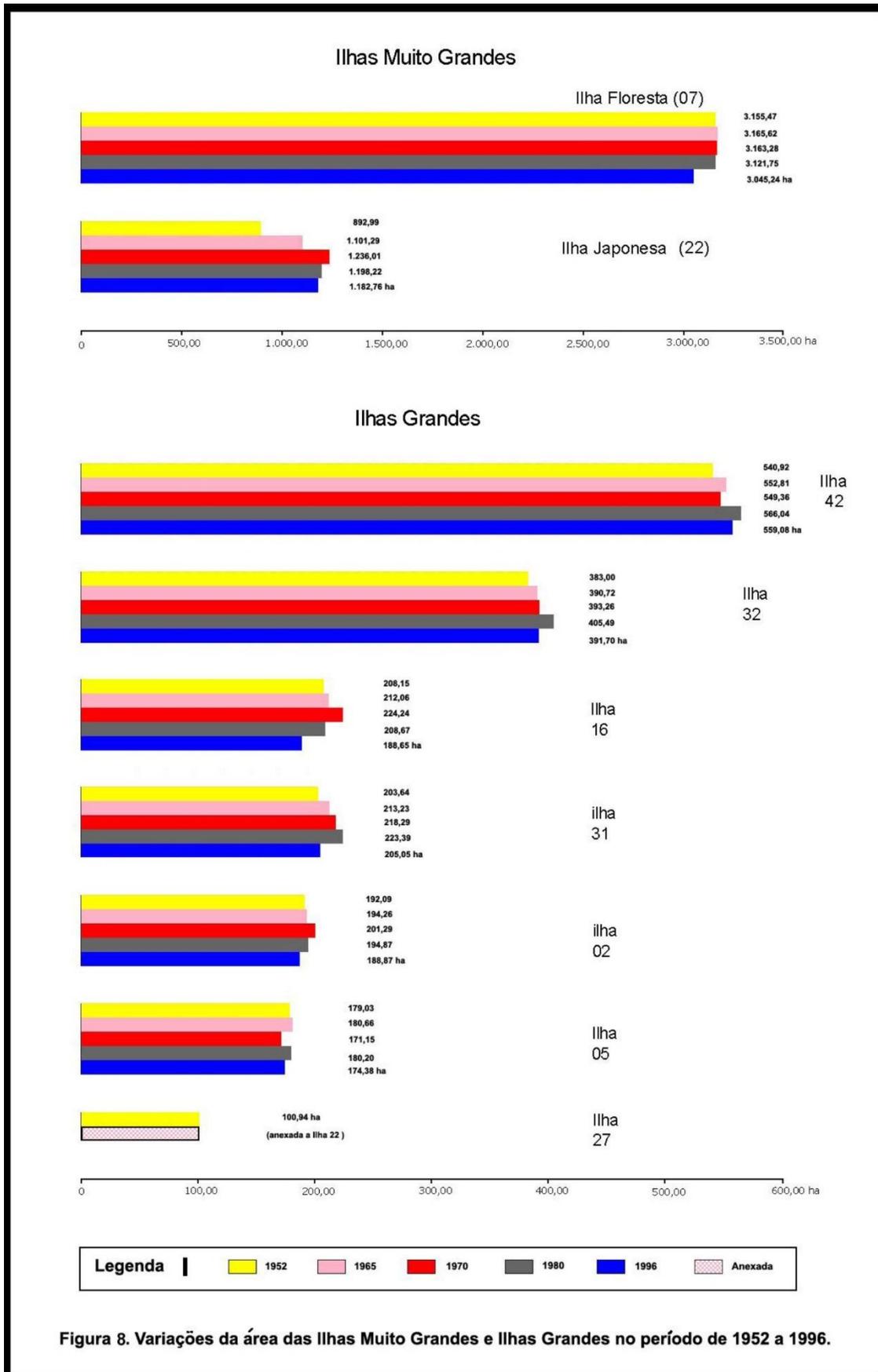
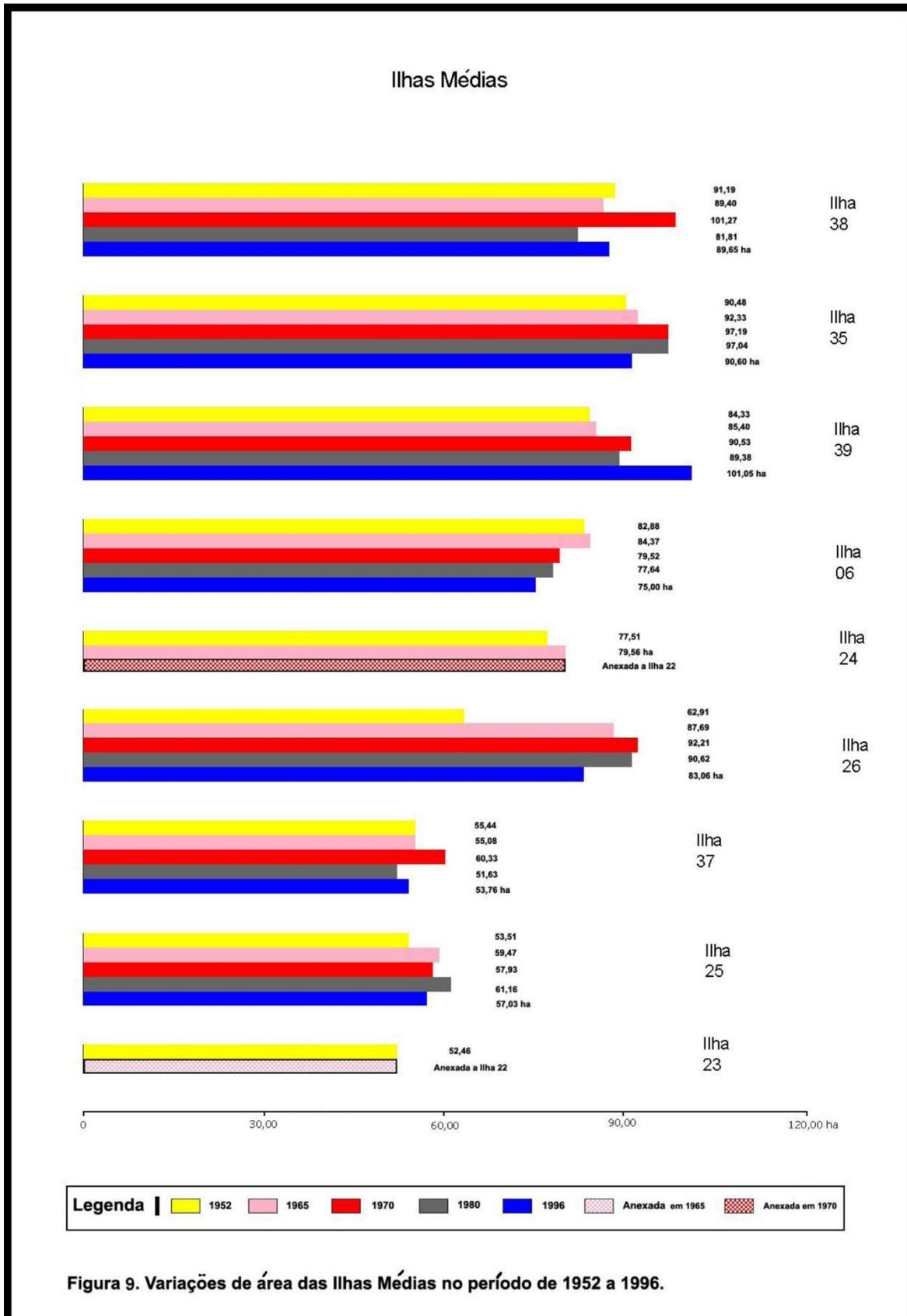
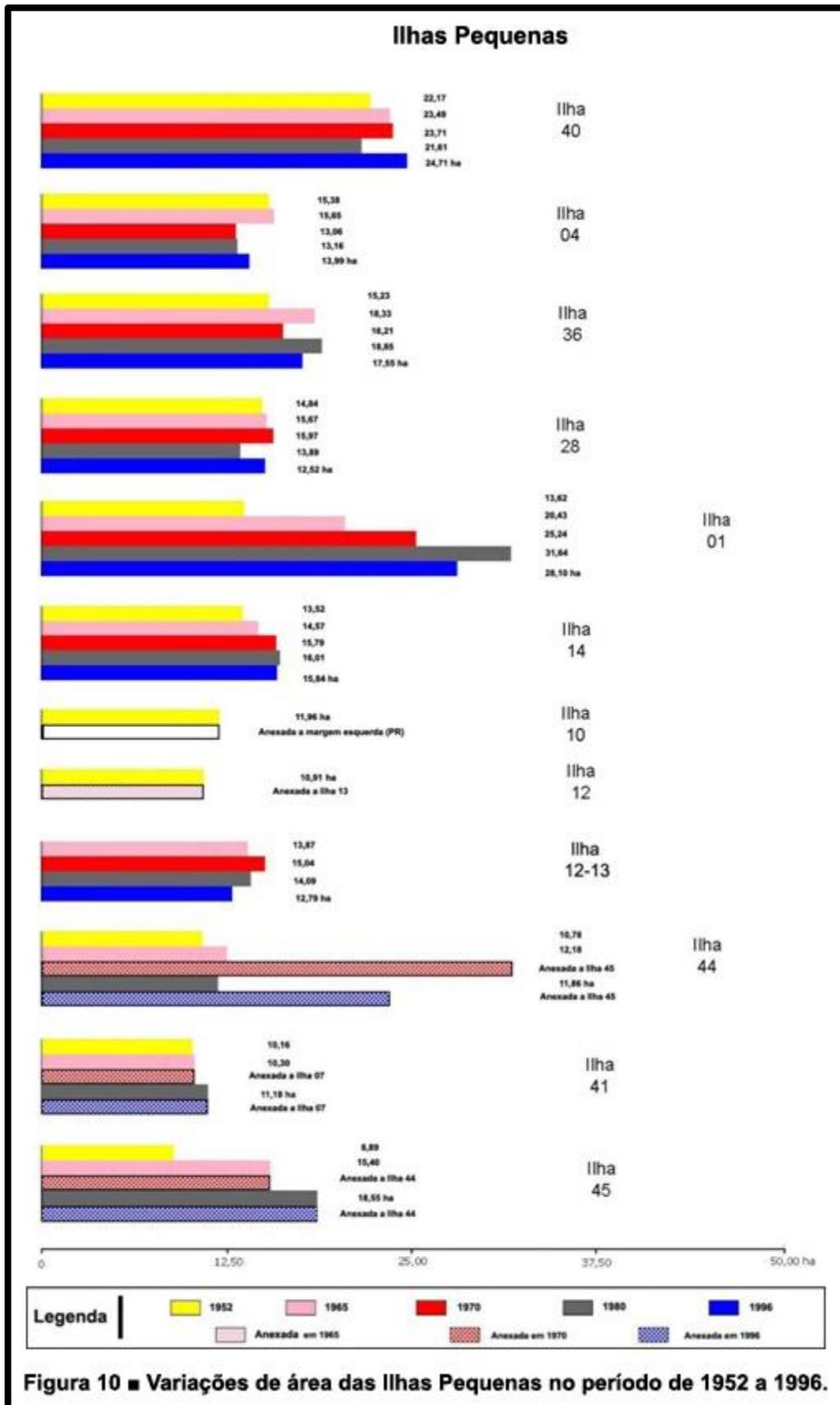


Tabela 7 - Dados quantitativos das áreas do arquipélago Floresta/Japonesa de 1952 e 1996, acompanhados das respectivas diferenças.

Ilhas	ANOS				VARIAÇÕES			
	1952		1996		ABSOLUTAS		RELATIVAS	
	Área (m ²)	Área (ha)	Área (m ²)	Área (ha)	Área (m ²)	Área (ha)	Área (m ²)	Área (ha)
01	136.230	13,62	281.001	28,10	144.711	14,48	10,62	10,62
02	1.920.898	192,08	1.888.671	188,87	- 32.227	- 3,22	- 1,68	- 1,68
03	276.611	27,66	312.500	31,25	35.889	3,59	12,97	12,97
04	153.808	15,38	139.892	13,99	- 13.916	- 1,39	- 9,04	- 9,04
05	1.790.283	179,02	1.743.896	174,38	- 46.387	- 4,64	- 2,59	- 2,59
06	828.857	82,88	750.000	75,00	- 78.857	- 7,88	- 9,51	- 9,51
07	31.554.687	3.155,46	30.452.392	3.045,23	- 1.102.295	- 110,23	- 3,49	- 3,49
08	16.113	1,61	Erodida					
09	166.992	16,69	438.964	43,89	271.972	27,20	162,86	126,86
10	119.629	11,96	127.929	12,79	8.300	0,83	6,94	6,94
11	8.789	0,88	Erodida					
12	109.131	10,91	12-13 (IS)					
13	14.404	1,44	127.929	12,79	4.394	4,39	3,56	3,56
14	135.253	13,52	158.447	15,84	23.194	2,35	17,15	17,15
15	42.968	4,29	Erodida					
16	2.081.543	208,15	1.886.474	188,64	- 195.069	- 19,51	- 9,37	- 9,37
17	279.297	27,92	332.763	33,27	53.466	5,35	19,14	19,14
18	236.816	23,68	Soldada a margem esquerda (PR)					
19	281.250	28,12	Soldada ao arquipélago Carioca					
20	195.068	19,50	153.076	15,30	- 41.992	- 4,20	- 21,53	- 21,53
21	29.053	2,90	10.253	1,02	- 18.800	- 1,88	- 6,47	- 6,47
22	8.929.932	892,99	11.827.636	1.182,76	2.897.704	289,77	32,44	32,44
23	524.658	52,46	Soldada a Ilha 22 (Japonesa)					
24	775.146	77,51	Soldada a Ilha 22 (Japonesa)					
25	535.156	53,51	570.031	57,00	34.875	3,49	6,52	6,52
26	629.150	62,91	830.566	83,05	201.416	20,14	32,01	32,01
27	1.002.441	100,94	Soldada a Ilha 22 (Japonesa)					
28	148.437	14,84	125.244	12,52	- 23.193	2,32	- 15,62	- 15,62
29	43.701	4,37	Soldada a Ilha Floresta					
30	37.598	3,76	Erodida					
31	2.036.376	203,63	2.050.537	205,05	- 14.161	- 1,42	- 0,69	- 0,69
32	3.829.345	382,93	3.916.992	391,69	87.647	8,76	2,29	
33	220.215	22,02	294.677	29,46	74.462	7,44	33,81	33,81
34	457.519	45,75	500.976	50,09	43.457	4,34	9,50	9,50
35	904.785	90,47	900.634	90,06	4.151	0,41	0,46	0,46
36	152.344	15,23	175.537	17,55	23.193	2,32	15,22	15,22
37	554.443	55,44	537.597	53,75	- 16.846	- 1,69	- 3,04	- 3,04
38	911.865	91,18	896.484	89,64	- 15.381	- 1,54	- 1,69	- 1,69
39	843.262	84,32	1.010.498	101,04	167.236	16,72	19,83	19,83
40	221.680	22,16	247.070	24,70	25.390	2,54	11,45	11,45
41	101.562	10,16	Soldada à Ilha 07 (Floresta)					
42	5.409.180	540,91	5.590.820	559,08	181.640	18,17	3,36	3,36
43	15.138	1,51	Erodida					
44	107.178	10,71	44-45 (IS)					
45	88.867	8,88	234.700	23,47	38.655	3,88	19,62	19,62
46	311.035	31,10	274.414	27,44	- 36.621	3,66	- 11,77	- 11,77
47	27.832	2,78	Soldada a margem direita (MS)					
48	142.090	14,20	104.003	10,40	- 38.087	3,80	- 26,80	- 26,80
Total	69.338.615	6.933,92	68.764.674	6.876,46	-	-	-	-
Barras Veg.								
	-	-	163.330	16,33	-	-	-	-
F	-	-	107.421	10,74	-	-	-	-
H	-	-	8.789	0,88	-	-	-	-
J	-	-	152.200	15,22	-	-	-	-
M	-	-	107.666	10,77	-	-	-	-
Total	-	-	539.406	53,94	-	-	-	-
Barras S/Veg.								
Total	2.089.351	208,93	2.496.568	249,65	-	-	-	-
Área Total	71.427.966	7.142,79	71.800.648	7.180,06	-	-	-	-







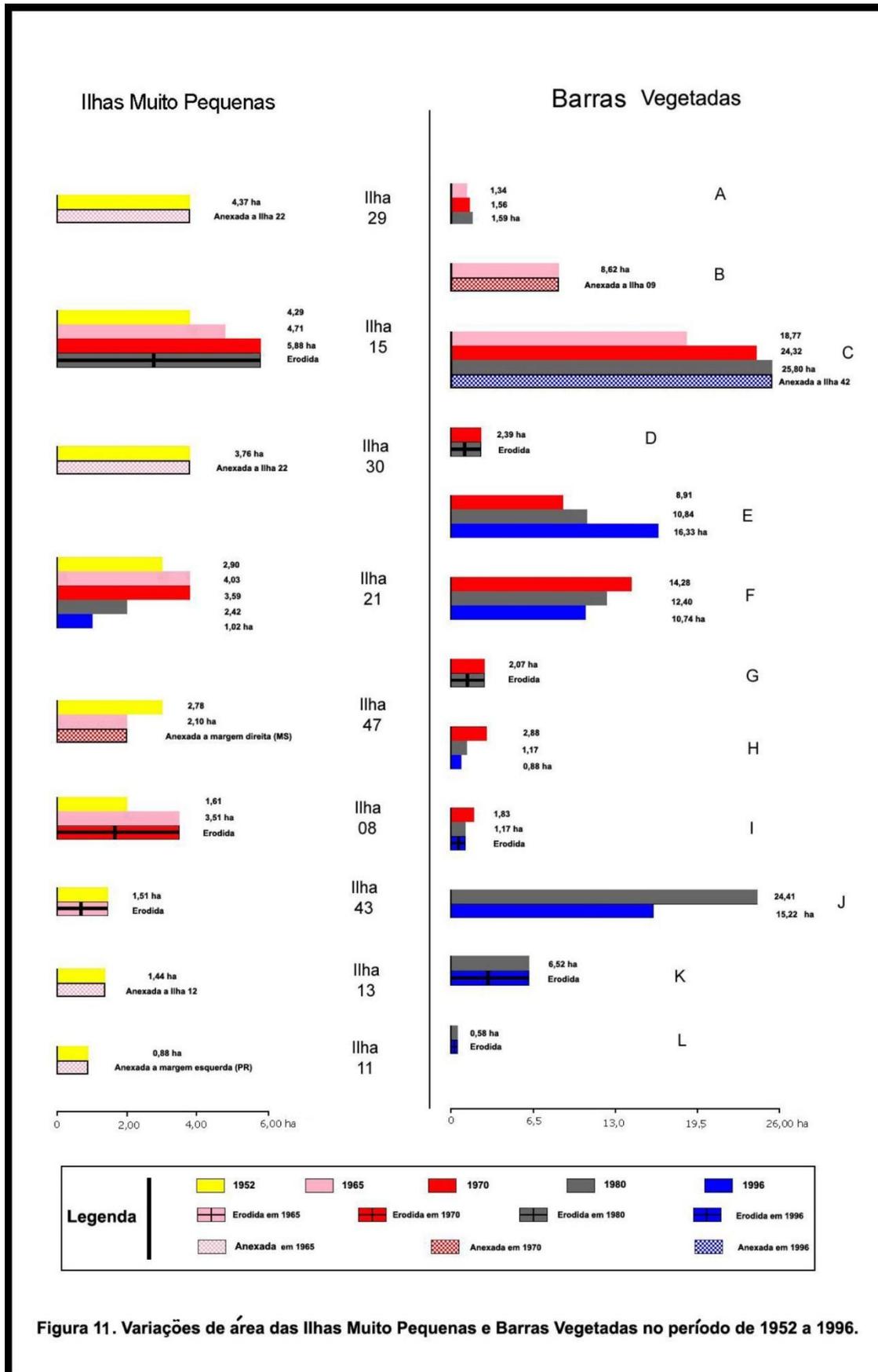


Figura 11. Variações de área das Ilhas Muito Pequenas e Barras Vegetadas no período de 1952 a 1996.

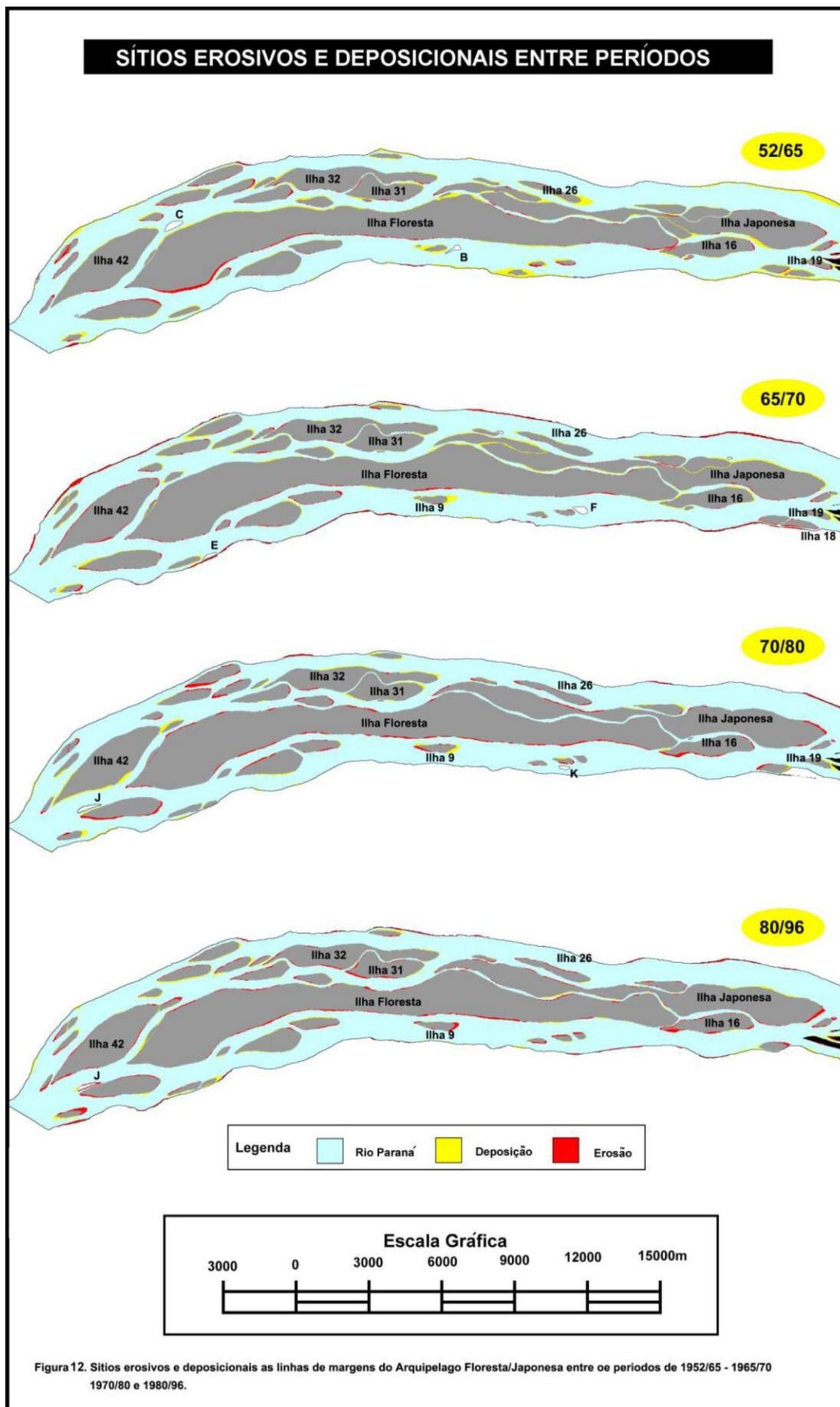
Segundo Drago (1990), a estabilidade das margens é muito dependente do comportamento do leito do rio durante os estágios de cheia e do subsequente abaixamento do nível das águas e diversos fatores podem ser responsabilizados para as mudanças das margens, tais como: 1) flutuações do nível do rio, 2) duração dos níveis máximos e mínimos, 3) número e posição dos canais ativos durante os estágios de cheia, 4) ângulo do talvegue em relação as linhas de margem, 5) taxas erosivas e de deposição que ocorrem durante as cheias, 6) novas formações e movimento das formas de leitos, 7) granulometria dos sedimentos, 8) intensidade dos desmoronamento das margens, 9) relacionamento entre os canais ativos e abandonados, e 10) tipo e grau de cobertura vegetal sob as margens. Todos estes fatores interagem para produzirem mudanças na configuração das linhas de margens.

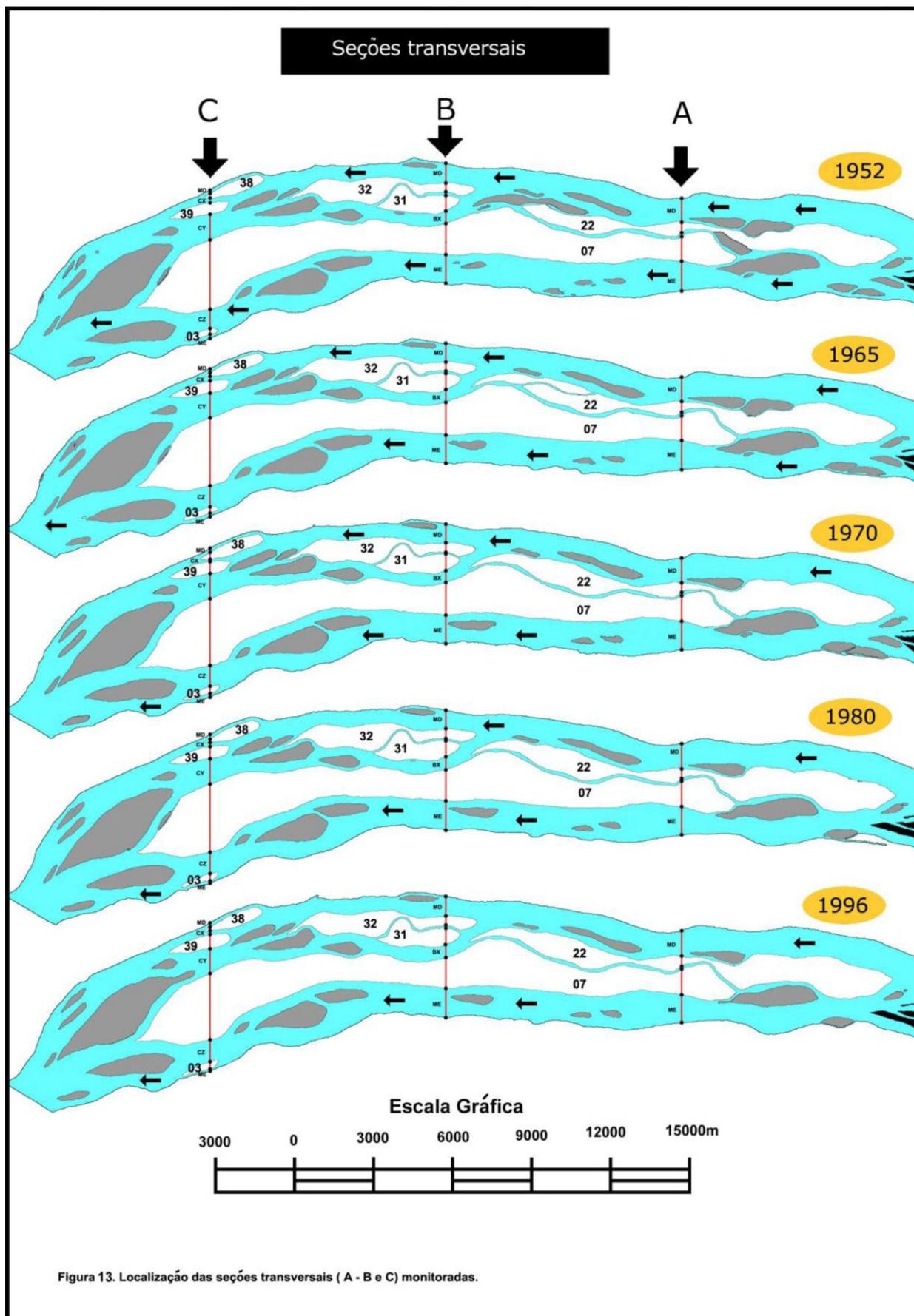
A figura 12 apresenta em termo qualitativos, os sítios erosivos e de deposição das ilhas, ocorridos entre os períodos de 1952-1965, 1965-1970, 1970-1980 e 1980-1996. Nos mesmos períodos, a figura 13 mostra três seções transversais, que foram arbitrariamente divididas para verificar as possíveis alterações (erosão- deposição) que eventualmente vieram acontecer, ao longo da linha que dividem os canais principais, canais secundários e ilhas. A figura 14, apresenta medidas longitudinais das ilhas (22, 07), (32, 31) e (38, 39 e 03). A escolha destas ilhas decorreu do corte realizado nas seções transversais.

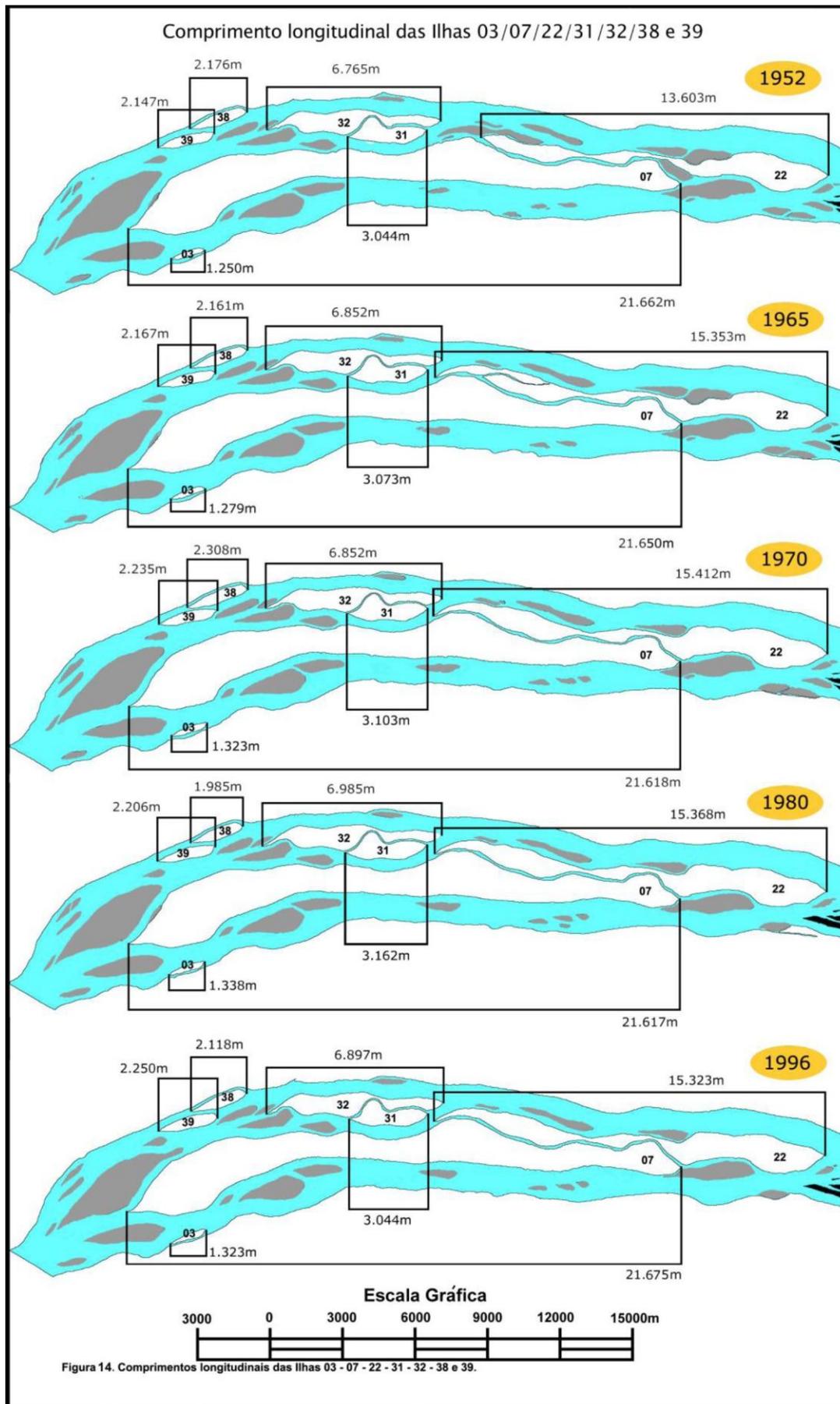
As sobreposições dos mapas permitiram visualizar as mudanças em planta ocorridas no trecho do arquipélago Floresta/Japonesa (figura 12). As mudanças mais significativas e perceptíveis foram observadas nas ilhas. As margens, esquerda e direita rio apresentaram grande estabilidade entre os a períodos. Entretanto, percebe-se que no período de 1952/65, a margem da costa Mato Grosso do Sul apresentou recuo mais significativos.

Ao contrário do padrão meandrante, em que os locais de deposição e erosão são previsíveis, o segmento multicanal estudado demonstrou uma desordem espacial, quanto a estes processos, ora escavando, ora depositando.

As ilhas localizadas no canal direito do rio, nos períodos de 1952/65, 1965/70 e 1970/80 apresentaram uma maior progressão da linha de margem, ou seja, deposição, do que no período de 1980/96. Ainda neste trecho da margem direita, cabe destacar o comportamento específico das ilhas 42, 26, 31, 32 e barra vegetada C.







A ilha 42 apresentou no período de 1952/65 sítios erosivos na junção com o canal da margem esquerda do rio e sítios deposicionais na sua margem direita, localizada completamente no canal da margem direita. No período de 1965/70 houve um recuo generalizado e discreto em todo seu contorno. No período de 1970/80, registrou progressão de suas linhas, especialmente na cabeceira, como também na junção com o canal do lado esquerdo do rio e margem direita. Já no período de 1980/96 predominou em quase toda ilha o recuo das margens.

Com relação a ilha 26 constatou-se que a barra frontal detectada no ano de 1952 (figura 3) encontrava-se soldada no ano de 1965, tornando-se desta forma, parte integrante do corpo da ilha pelos demais períodos analisados. Após o soldamento, a ilha apresentou erosão mais significativas nos dois últimos períodos de análises, respectivamente, 1970/80 a 1980/96 principalmente na sua porção mediana.

As ilhas 31 e 32 nos dois primeiros períodos (1952/65 e 1965/70) apresentaram de forma discreta tanto erosão, como deposição. Já no período 1970/80, registrou predominantemente acréscimo nas suas bordas e no período subsequente, erosão.

A barra vegetada C, foi detectada no ano de 1965 e veio sucessivamente apresentando acréscimo longitudinal em direção da ilha à jusante. Finalmente no período entre 1980/96, a mesma soldou-se com a ilha 42.

As ilhas Floresta e Japonesa que dividem este segmento do rio em dois largos canais, apresentaram comportamento diferenciados nos dois primeiros períodos. No primeiro período (1952/65), dois dos três canais secundários que entrecortavam a ilha Japonesa (ilha 22) foram obliterados por barras. Esta obliteração proporcionou a agregação das ilhas 23 e 27. Além disso, verificou-se que na entrada do canal que separa as ilhas Japonesa e a ilha 16, passou por processo de deposição. No período de 1965/70 o terceiro canal foi também fechado e agregou a área pertencente a ilha 24. Durante os demais períodos, a Ilha Japonesa verificou processos de recuos de sua margem, principalmente do lado voltado para o Mato Grosso do Sul.

Com relação a ilha floresta constatou-se que os eventos mais significativos de recuo de borda, estão relacionados com as margens voltadas para o lado do canal principal (o esquerdo) e o sítio deposicional mais evidente, revelou-se mais operante no período de 1952/65, principalmente no lado oposto.

Já as ilhas localizadas no canal esquerdo do rio, cabem destaque às seguintes ilhas: 8 e 9 que foram unidas por uma barra de coalescência; a ilha 10 que em 1965 foi soldada a margem esquerda do rio; a ilha 16, com progressão das margens voltadas para o canal principal (margem esquerda do rio) e para o canal secundário entre o primeiro e segundo período de análise

(1952/65 e 1965/70) e recuo nos dois últimos períodos (1970/80 e 1980/96); a ilha 18 que soldou-se a margem esquerda no período de 1980/96; e por fim, a ilha 19 que passou a fazer parte do Conjunto Carioca no período de 1980/96.

Ainda na margem esquerda, couberam relevância as seguintes barras vegetadas: barra B constatada em 1965; barras E e F em 1970; barras J e K em 1980. A primeira veio a soldar-se a Ilha 09 (1965/70); a segunda e a terceira evoluíram para ilha no período de 1970/80. E em 1996 com exceção das barras K, que foi erodida entre 1980 e 1996 remanesceu a barra J, porém com uma acentuada redução de área.

Os resultados das mensurações realizadas nos três segmentos transversais (figura 13) estão sumarizados na tabela 8. Para efeitos das medidas, cruzou-se linhas sobre as cartas, que doravante será designada no texto de linha imaginária (LI).

2.4.3 Evolução das mensurações das seções transversais A, B e C nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996

Os dados para seção A, mostraram estabilidade nos anos de 1952 e 1965, quando o comprimento total da seção registrou 3.337m nos respectivos anos. Nos anos seguintes registraram 3311m, 3251m e 3317m. No ano de 1970 a margem direita, (MD entre a ilha 22 e o Mato Grosso do Sul) apresentou um aumento de 15 metros e manteve este valor até em 1980. No ano de 1996 evidenciou-se uma ampliação de 44 metros. Este alargamento, possivelmente esteja relacionado ao recuo da LI que corta a ilha 22 (Ilha Japonesa), já que nos anos anteriores a ilha apresentou neste local, estabilidade entre as suas margens e o alargamento de 44 metros observado em 1996 deve-se atribuído, unicamente ao recuo da borda sulmatogrossense.

Da mesma forma do lado oposto, a margem esquerda (ME entre a ilha 07 e o Paraná) teve comportamento similar nos anos de 1952 e 1965, quando registraram 897m. Nos anos seguintes desta análise, a LI apresentou um aumento de 59m em 1970; recuo de 40m em 1980 e aumento de 59m em 1996.

A ampliação da LI verificada em 1970, deve ser atribuída tanto para a margem esquerda como para a ilha 07. No ano de 1980, mesmo com a redução de 19 metros ocorrida com a ilha 07 evidenciou-se uma nítida acresção da margem esquerda. Já em 1996, o processo ocorreu de forma inversa; estabilidade da margem da ilha 07 e erosão (51 metros) da margem esquerda.

O comprimento total da seção B nos anos 1952 1965, 1979, 1980 e 1996, apresentou respectivamente as seguintes oscilações: 4.383m; 4.334m; 4.305m; 4.293m e 4.346m. Nos

respectivos anos listados acima, o canal entre a ilha 32 e o Mato Grosso do Sul passou pelas seguintes variações: 706m; 661m; 676m; 681m e 700m. Os dados de 1965 indicam que houveram tanto estreitamento do canal direito, bem como da ilha.

Tabela 8 - Comprimentos das seções transversais A, B e C nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996

Unidades/Anos Comprimento	Seção 1952 (m)	A 1965 (m)	1970 (m)	1980 (m)	1996 (m)
Margem direita (MD entre a Ilha 22 e o MS)	867	867	882	882	926
Ilha 22 (Ilha Japonesa)	382	382	323	338	338
Canal secundário	147	147	147	132	103
Ilha 07 (Ilha Floresta)	1044	1044	1029	1009	1009
Margem esquerda (ME entre a Ilha 07 e o PR)	897	897	930	890	941
Comprimento total da seção	3337	3337	3311	3251	3317

Unidades/Anos	Seção B 1952 (m)	1965 (m)	1970 (m)	1980 (m)	1996 (m)
Margem direita (MD - entre a Ilha 32 e o MS)	706	661	676	681	700
Ilha 32	412	338	368	353	340
Canal secundário	118	74	44	78	88
Ilha 31	559	588	588	570	603
Canal BX (entre as Ilhas 31 e 07)	456	456	412	454	460
Ilha 07 (Ilha Floresta)	1147	1197	1197	1135	1107
Margem esquerda (ME - entre a Ilha 07 e o PR)	985	1020	1020	1022	1048
Comprimento total da seção	4383	4334	4305	4293	4346

Unidades/Anos	Seção C 1952 (m)	1965 (m)	1970 (m)	1980 (m)	1996 (m)
Margem direita (MD- entre a Ilha 38 e o MS)	132	147	139	162	132
Ilha 38	176	147	279	117	123
Canal CX (entre as Ilhas 38 e 39)	162	162	74	147	132
Ilha 39	426	426	448	456	514
Canal CY (entre as Ilhas 39 e 07)	912	897	897	897	882
Ilha 07 (Ilha Floresta)	2514	2456	2411	2470	2397
Canal CZ (entre as Ilhas 07 e 03)	673	735	734	750	779
Ilha 03	220	250	279	265	270
Margem esquerda (ME-- entre a Ilha 03 e o PR)	132	132	88	88	65
Comprimento total da seção	5347	5352	5349	5352	5294

A partir de 1970, esta subseção apresentou sucessivos aumentos: 15m em 1970; 5m em 1980 e 19m em 1996.

O aumento da LI notada em 1970 é decorrente de processos erosivos na margem sul

matogrossense, já que a LI que corta a ilha 32 quando comparada, com a do ano de 1965 apresentou um aumento de 30m. Nos anos de 1980 e 1996, os processos erosivos estiveram mais atuantes tanto na margem direita como também na referida ilha.

Com relação ao canal da margem esquerda (ME - entre a ilha 07 e a margem paranaense), verificou-se comprimento de 985m em 1952; 1020m em 1965 e 1970; 1022m em 1980, e 1048m em 1996.

Entre o ano de 1952 e 1965 constatou-se que a LI aumentou 50m. Nestes mesmos anos o canal da margem paranaense aumentou 35 metros. Em 1970 e 1980 o canal manteve a largura de 1965. Entretanto esta largura pode estar envolvida com deposição na margem paranaense, já que ilha 07 apresentou recuo na sua borda de 67 metros. No ano de 1996 o recuo da borda da ilha somou 28 metros, o que possibilita inferir sobre um significativo avanço de erosão nos dois lados, ou seja, na borda da margem do rio, como também na borda da ilha 07, voltada para o Paraná.

O comprimento total da seção C nos anos 1952 1965, 1979, 1980 e 1996, apresentou respectivamente as seguintes oscilações: 5347m; 5352m; 5349m; 5352m; 5294m. O canal da margem direita (entre a ilha 38 e o Mato Grosso do Sul) nos anos especificados acima, passou pelas seguintes variações: 132m; 147m; 139m; 162m; 132m.

A ampliação da largura do canal constatada em 1965 e 1980 pode estar ligada à redução do comprimento da linha que corta a ilha 38. Em 1970 a diminuição do canal é evidenciada pela ampliação da mesma linha que corta a ilha 38. Neste sentido, supõem-se que os processos deposicionais ocorridos na ilha, tenham promovido o estreitamento desta subseção. Já em 1996 a diminuição desta subseção esta relacionada a progressão (deposição) da linha de margem do Mato Grosso. Esta afirmação é corroborada pela ampliação da linha que perpassa a ilha 38.

O canal da margem esquerda (entre a ilha 03 e o lado paranaense) registrou seguintes comprimentos: 132 metros nos anos de 1952/65; 88 metros nos anos 1970/80 e 65 metros no ano de 1996.

Os valores iguais registrados nos dois primeiros períodos de análise, sugerem estabilidade Acompanhando A manutenção do comprimento registrado em 1965 é decorrente de erosão, ocorrida na margem esquerda do rio, já que a linha da ilha 03 indica um aumento de 30 metros. Nos anos de 1970, 1980 e 1996 a largura do canal recuou exclusivamente pelo avanço da linha da margem do lado do Paraná.

2.4.4 Evolução da mensuração das seções longitudinais A, B e C nos anos de 1952, 1965, 1970, 1980 e 1996

Os resultados das mensurações longitudinais das Ilhas 03, 07, 22, 31, 32, 38 e 39 estão apresentados na tabela 9 e a figura 14 mostra a localização dos pontos medidos.

De acordo com os resultados das mensurações longitudinais, se observou uma não constância das medidas ao longo dos anos. O período alternou oscilações de recuo e progressão no comprimento das ilhas. Considerando o ano de 1952 com os demais, as ilhas apresentaram o seguinte comportamento: Recuos - as ilhas 07 e 38 em 1965; as ilhas 07 e 31 em 1970; as ilhas 07 22, 38 e 39 em 1980; as ilhas 03, 22, 31 e 32 em 1996. Progressão - as ilhas 03, 22, 31, 32 e 39 em 1965; as ilhas 03, 22, 32, 38 e 39 em 1970; as ilhas 03 e 31 em 1980; as ilhas 07, 38 e 39 em 1996.

Tabela 9 - Comprimentos longitudinais das ilhas 03 - 07 - 22 - 31 - 32 - 38 e 39, nos anos de 1952 - 1965 - 1970 - 1980 e 1996.

Anos	Ilhas Comprimentos	03 (m)	07 (m)	22 (m)	31 (m)	32 (m)	38 (m)	39 (m)
1952		1250	21662	13603	3044	6765	2176	2147
1965		1279	21650	15353	3073	6852	2161	2167
1970		1323	21618	15412	3103	6852	2308	2235
1980		1338	21617	15368	3162	6985	1985	2206
1996		1323	21675	15323	3044	6897	2118	2250

2.5 DISCUSSÃO

A variação da área do arquipélago demonstra que o período de 1952 a 1996 passou por eventos deposicionais e erosivos. O primeiro predominou entre os anos de 1952 a 1970, quando foram acrescidos na sua área total 409,48 ha, passando de 7.142,79ha para 7.552,27ha. O segundo evento, esteve atuante no período de 1970 a 1996 quando apresentou uma erosão 372,21ha. Resultados semelhantes de deposição e erosão entre estes períodos, foram encontrados nos conjuntos localizados a montante por Fernandez et al. (1995) quando estudou o arquipélago Carioca e Correa et al., (1998) quando efetuaram levantamentos do uso do solo no Mutum Porto Rico.

A literatura frequentemente atribui às classes de débitos, como a descarga média anual, o débito de margens plenas e as grandes cheias como fatores que controlam a modelagem dos

canais fluviais. Fernandez et al. (1995) ao estudarem os efeitos do regime hidrológico sobre o conjunto Carioca no rio Paraná verificaram a parte mais alta das barras arenosas pode situar-se até cerca de 1,5 m acima do nível médio do rio, e são inundadas quase que todo ano, por vazões superiores a $13.000\text{m}^3/\text{s}$. Neste sentido, considerando que a ação erosiva e deposicional só são significativas nos períodos (tabela 10) ou nos anos (tabela 11) em que as barras estão cobertas, pode-se fazer uma relação entre a variação de área ocorrida no arquipélago e os dias com vazões superiores a $13.000\text{m}^3/\text{s}$, obtendo assim a taxa de erosão ou sedimentação nestes dias.

Tabela 10 - Taxa de erosão e de sedimentação por dias de barras encobertas, entre os períodos.

Períodos	Variação de área (ilhas + barras s/vegetação + barras vegetadas)	Dias com barras cobertas	Taxa de deposição	Taxa de erosão
1952 a 1964	+ 593.497 m ²	554	1.071m ² / dia	-
1965 a 1969	+ 3.541.288 m ²	354	10.003 m ² / dia	-
1970 a 1979	- 3.182.514 m ²	761	-	4.182 m ² /dia
1980 a 1996	- 579.589 m ²	1520	-	381 m ² /dia

Tabela 11 - Taxa de erosão e de sedimentação por dias de barras encobertas nos anos documentados.

Anos	Área total (m ²) (Ilhas+barras s/vegetação + barras vegetadas)	Variação da áreatotal (m ²)	Dias com barras cobertas	Taxa de deposição	Taxa de erosão
1952	71.427.966	-	39	-	-
1965	72.021.463	+ 593.497	130	4.565m ² /dia	-
1970	75.562.751	+ 3.541.288	34	104.155m ² /dia	-
1980	72.380.237	- 3.182.514	113	-	28.163m ² /dia
1996	71.800.648	- 579.589	10	-	57.958m ² /dia

Os resultados das tabelas 10 e 11 indicam que entre os períodos, e nos anos que foram registradas as fotografias, não explicam os eventos erosivos e deposicionais a que o arquipélago esteve submetido. Quando avaliado a vazão média no período de 1952 a 1996 nota-se que em meados dos anos 70 (figura 15) ou mais precisamente a partir do ano de 1972, houve uma nítida alteração de magnitude no regime hidrológico do rio Paraná. A vazão média anual para o período de 1952 a 1971 foi de $8.265\text{m}^3/\text{s}$ e entre 1972 a 1996, excluído o ano atípico de 1983 (*El Nino*) $13.4177\text{m}^3/\text{s}$. Estes valores explicam a acentuada deposição ocorrida de 1952 a 1970 e erosão no

período de 1980 a 1996.

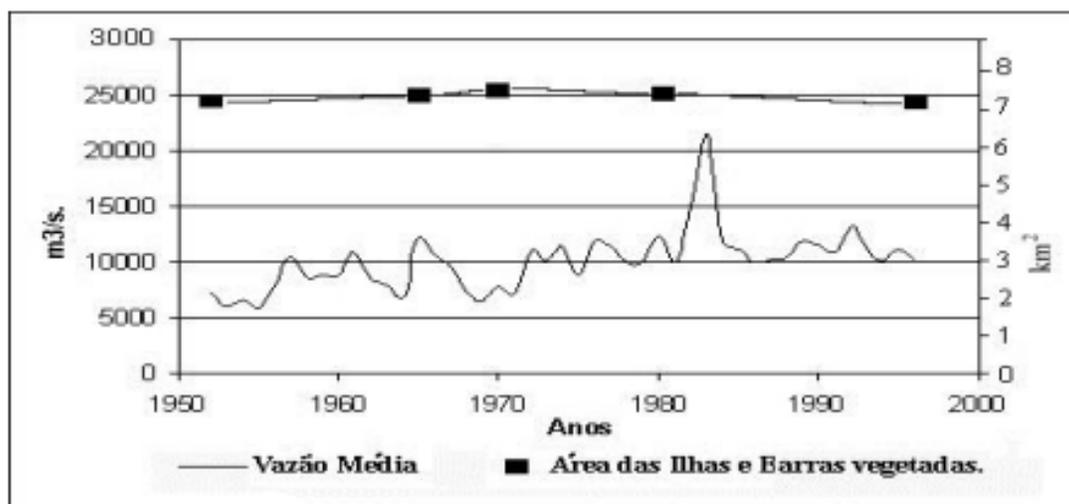


Figura 15 - Vazão média em Guaíra e área das ilhas e barras vegetadas no período de 1952 a 1996.

Estas alterações podem estar relacionadas às variações do ciclo hidrológico, modificando os valores de *input* e *output* no sistema. A ascendência das médias hidrométricas pós 70 devem ter sido proporcionadas pela mudança no uso do solo da bacia, tal como desmatamentos para expansão agrícola, aumento das precipitações e barramentos a montante.

Segundo Rocha et al., (1998) a grande quantidade de areia transportada pelo rio Paraná, deveria ser bem maior antes da década de 60.

Os barramentos retêm grande quantidade sedimentar e o faz de forma seletiva, ou seja: toda a carga de fundo é depositada no reservatório e a parte dos sólidos em suspensão passam a jusante. A jusante da barragem a água sai com maior velocidade, com menor carga sedimentar, e com sua composição química, temperatura, e densidade modificadas. O regime de débitos é alterado conforme o regime de operação da barragem e este efeito é pequeno em barragens de fio d'água, muito marcado em barramentos de acumulação.

As alterações introduzidas no fluxo à jusante modificam a competência, a capacidade, o padrão de erosão do leito e das margens, o padrão de sedimentação, e o regime de cheia e vazante. O desequilíbrio causado pelas modificações impostas propaga-se de montante para jusante, levando o curso a estabelecer um novo perfil. Esta nova situação pode fazer com que o padrão de canal seja completamente modificado, conforme descrito por Chien (1961), quando relatou a degradação do canal do rio Yellow, afluente do Yangtzé.

A tabela 2 e figura 16 demonstram o aumento dos débitos médios e uma diminuição da frequência dos débitos de vazante. Esta retroalimentação positiva, encaixa-se nas argumentações

de Rocha et al., (1998), quando denominou os períodos de 1920 a 1971 de *regime natural* do rio Paraná; *regime de transição* de 1972 a 1981 e de *regime controlado* para o período de 1972 a 2001. Segundo os autores, as modificações nas classes de débitos (vazante e média) que surgiram no intervalo entre 1972 e 1981 (*regime de transição*) coincidem com a seqüência de fechamentos de reservatórios. O intervalo final (1982 em diante) com a inversão da freqüência das classes, coincide com o estágio de operação plena dos aproveitamentos hidrelétricos, sugerindo que estes estágios sejam respostas do sistema fluvial ao controle de descargas efetuado pelos barramentos a montante.

Além do aumento das vazões médias constatadas a partir da década de 70, verificou-se que de 1952 a 1996 a região esteve submetida a dois ciclos de cheias máximas completo e um terceiro em andamento (figura 16). O primeiro entre 1961 e 1967 o segundo de 1972 a 1983 e o terceiro de 1989 a 1993. O confrontar entre a variação de área e a freqüência e magnitude das cheias permitiram ainda observar que o aumento de área ocorrido a partir de 1952 e certificado em 1965 e 1970 ocorreu durante um ciclo de cheias máximas crescente encerrado em 1967 e as reduções de área, a partir de 1980 quando na retomada de um novo ciclo de cheias máximas que teve seu ápice no ano de 1983 com o advento das anomalias climáticas provocadas pelo ENOS (*El Nino* - Oscilação Sul).

Segundo Fernandez et al., (1995) o rio Paraná na região de Porto Rico, as áreas deposicionais ocorrem nas porções rasas do rio, onde a velocidade da água é menor, e as áreas erosivas ocorrem próximos a locais mais profundos, onde a velocidade de fluxo é maior. Esta situação indica que o controle do domínio dos processos de esculturação do canal e ilhas deve-se a posição relativa do talvegue. Aparentemente o talvegue modifica-se gradualmente durante o desenrolar de um ciclo de cheias, aproximando-se da margem de erosão e afastando-se da margem em que ha deposição. A grande cheia encerra com ela um novo posicionamento do talvegue, que pode condicionar uma nova tendência da margem, ou quanto ao tipo de processo, ou quanto a sua velocidade.

Os sítios erosivos e deposicionais do arquipélago não demonstraram através das sobreposições dos mapas nenhuma tendência específica destes processos. As margens que num dado ano apresentaram recuos, no seguinte pode encontrava-se estabilizada ou ainda em processos de acresção. Acredita-se que o leito móvel, de caráter arenoso, possa vaguear entre as margens à qualquer variação positiva de fluxo, vindo determinar a qual processo a margem estaria sendo submetida.

As modificações nas linhas de margens das ilhas e da margem do rio propriamente dito,

foram decorrente de recuos (erosão marginal) e de acresções proporcionadas fundamentalmente pela acomodação de barras arenosas que viajavam durante as cheias.

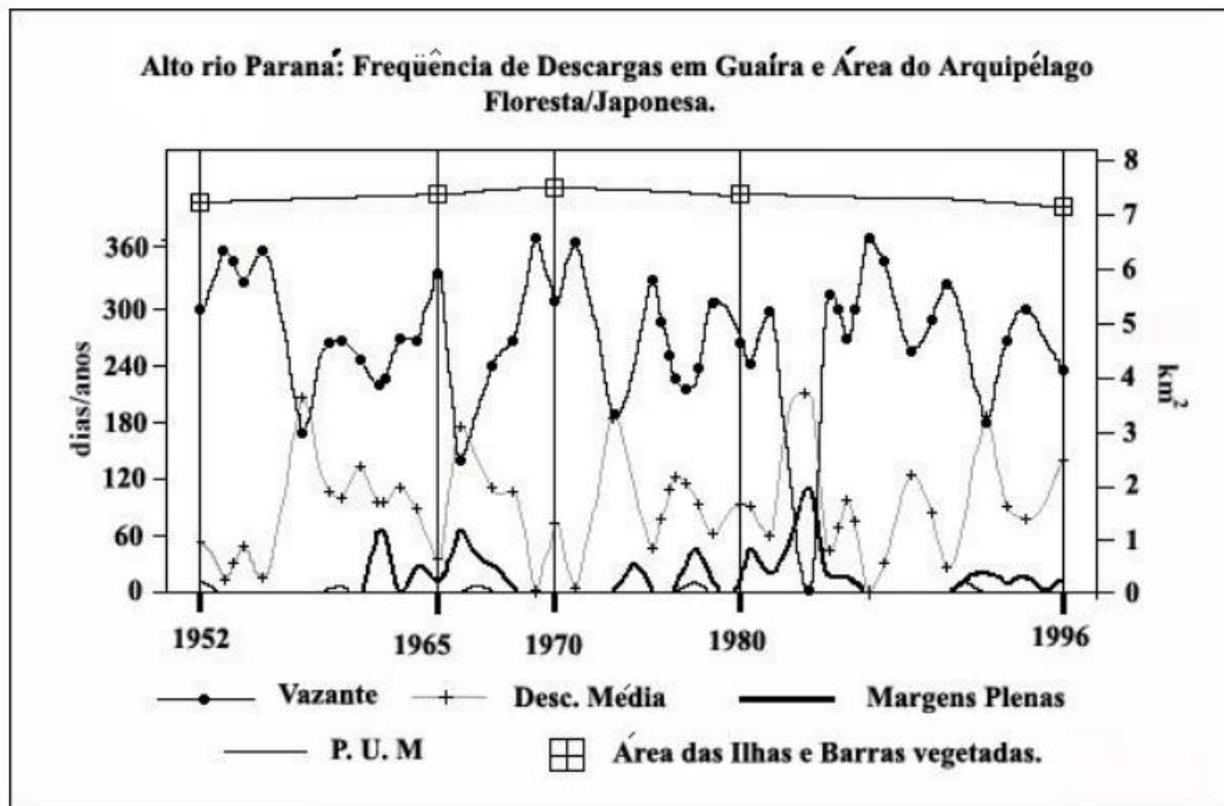


Figura 16 - Frequência das classes de descargas em Guaíra - PR de 1952 a 1996 e área das ilhas e barras vegetadas nos anos de 1952/65/70/80 e 96.

De acordo com Santos et al., (1992) as barras existentes no rio Paraná são essencialmente arenosas, com pequenas porções argilosas. Os autores distinguiram duas categorias dessas formas: as barras centrais (que são corpos isolados dentro do canal, com eixo paralelo ao fluxo do rio) e as barras laterais (situam às margens das ilhas e borda do canal). As primeiras são formas alongadas a triangulares (razão comprimento/largura variando de 3:1 a 1:1 chegando a atingir mais de 1000 m de extensão). Estes depósitos são formados por areias quartzosa (quartzo 95%), mica 4%), muito fina a muito grossa, tendo como principais minerais pesados a magnetita, seguia de cianita, anfibólios e estauroлита.

Souza-Filho (1993) utilizando-se de uma terminologia proposta por Miall (1977 e 1978) para identificar fácies sedimentares nos depósitos fluviais, diferenciou dois ambientes na província geomórfica de canal: *depósitos do lençol arenoso* que corresponde às areias e rudáceos que compõem o leito do rio; e *depósitos de barras arenosas* que corresponde a corpos arenosos

emersos ao nível médio de água.

O perfil vertical de uma barra central (figura 17) apresenta duas associações principais relacionadas às suas fases construtivas. A associação basal refere-se à fase subaquática da barra, onde os depósitos foram gerados por formas de leito do tipo megaondulação, dunas sub-aquosas e provavelmente onda de areia (fácies Sp e St, areia com estratificação cruzada planar ou acanalada). A associação superior corresponde à fase emersa da barra, na qual se intercalam depósitos gerados por processos tracionais, gerados no período de cheias (fácies Sp, St e Sr, areia com estratificação cruzada planar, acanalada e ondulada).

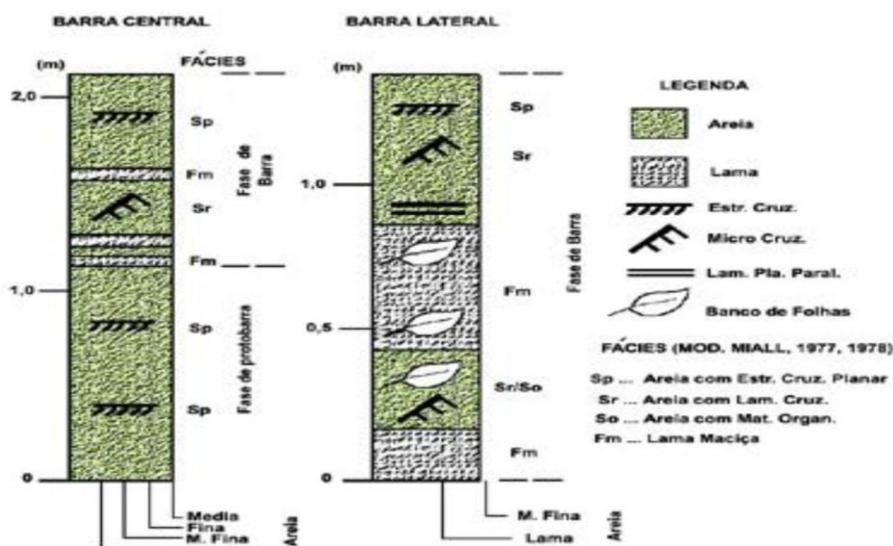


Figura 17 - Perfil vertical de fácies em barras de canal dos tipos central (esquerda) e lateral (direita). Modificado de Santos, 1991.

As barras laterais desenvolvem-se em zonas de baixa velocidade de fluxo (zonas de sombra) resultantes de irregularidades nos contornos das margens dos canais e das ilhas. São formadas por areia fina a muito fina com intercalações de lama e a presença de magnetita, anfibólio, cianita e epidoto com minerais pesados. Sua faciologia compõe-se de alternância de fácies Fm e Fl (lama maciça e laminada) com fácies Sp, St, (areia com estratificação cruzada de pequeno porte dos tipos planar e acanalada), Sr (areia microcruzada com estruturas *flaser*, lenticular e *drape* de lama) e So (areia e intercalações de camada de folhas e pequenos troncos).

Souza-Filho (1993) identificou mais dois tipos: as frontais (são aquelas que ocorrem anexadas ou separadas por canais rasos da parte montante das ilhas) as de coalescência (que representam uma forma de evolução das barras laterais, que leva o fechamento do canal em que

está estabelecida), que podem ser visualizadas na figura 18.

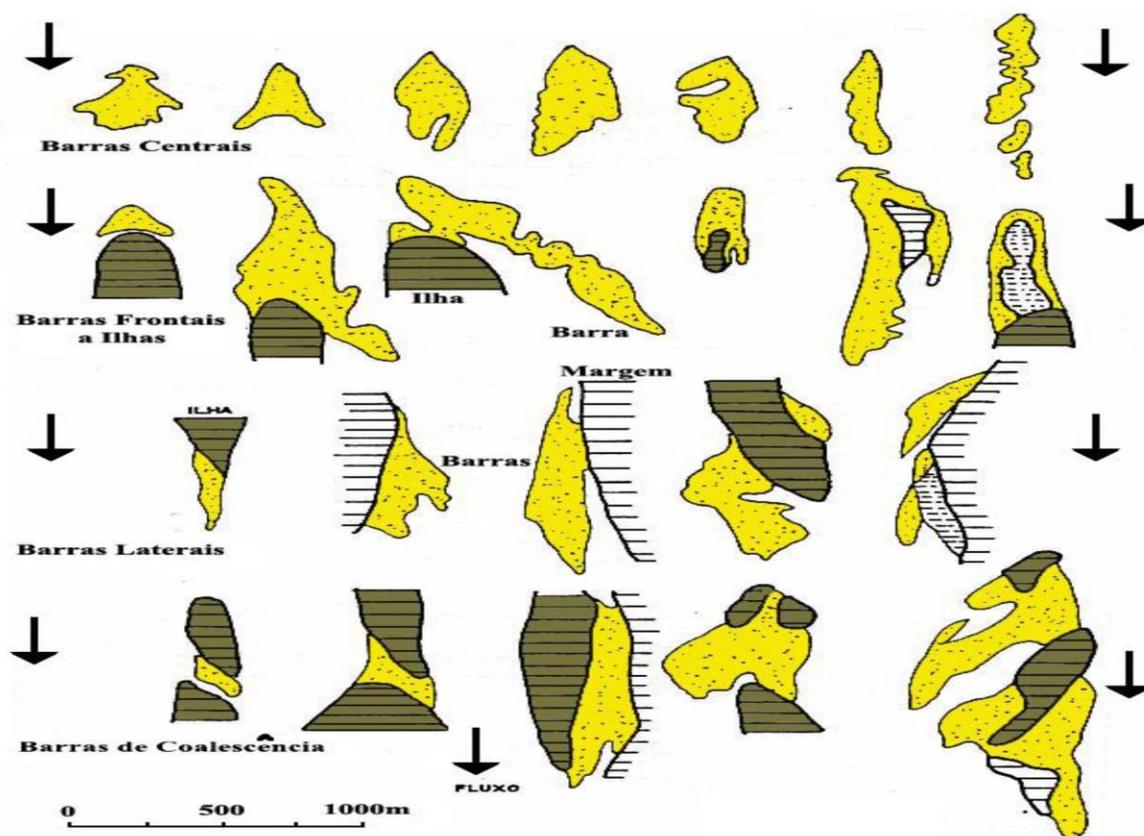


Figura 18 - Diversidade das formas da parte emersa das Barras do rio Paraná. Fonte: SOUZA-FILHO (1993).

As barras reconhecidas e mapeadas nas figuras 2,3,4,5 e 6 figuram-se fundamentalmente próximo as pequenas ilhas como também às margens do rio e nos dois canais principais. Todas as formas identificadas por Souza-Filho (1993) destacaram-se nos levantamentos. As de *coalescência* localizaram em canais secundários rasos e de pequena energia, como os localizados principalmente entre as ilhas Floresta e Japonesa; entre as ilhas 44-45 localizado próximo da margem do Mato Grosso do Sul; 42-C do lado da margem direita e Ilhas 20, 21,23, 29, 30 entre a Ilha Japonesa e Conjunto Carioca. As *frontais*, tiveram destaque também no canal principal do lado direito, onde a profundidade é menor do que do lado oposto. As *laterais* localizaram-se tanto nas ilhas pequenas, como também nas margens direita e esquerda do rio, tendo esta última como um sítio mais expressivo. As *centrais* seguramente demonstraram serem as de maior área e localizaram-se preferencialmente no canal principal da margem esquerda, onde o rio apresenta a maior profundidade e energia.

Ao estudarem o arquipélago Carioca localizado a montante do Floresta/Japonesa, Fernandez et al., (1995) reconheceram uma variabilidade na velocidade de fluxo do canal principal e os

dividiram em três setores distintos: 1)- setor de alta energia - corresponde as faixas de talvegue; 2) - setor de energia moderada - corresponde a áreas mais rasas localizadas entre os talvegues principais, onde evoluem as barras centrais de canal; 3)- setor de baixa energia - corresponde a áreas de evolução de barras laterais que se desenvolvem próximas às margens do rio, onde as condicionantes geomorfológicas geram zonas com elevada taxa deposicional.

Entretanto, conforme a subida de nível da água a velocidade de fluxo aumenta, o que pode vir a variar sistematicamente os setores propostos por Fernandez et al., (1995). Neste sentido, os estados de energia devem ser considerados transitórios, uma vez que a velocidade de fluxo depende do talvegue, e este é controlado pelo leito móvel, que é constantemente remobilizados com os fluxos maiores. Porém, à medida em que as formas de leito migram, o talvegue se desloca, e as maiores mudanças ocorrem nas grandes cheias, quando as maiores formas de leito são depositadas.

As diferenças nas mensurações realizadas nos três segmentos transversais da figura 13 e tabela 4, indicam provavelmente que ao longo do período de 1952 a 1996 uma constante remobilização do leito, e por sua vez, o talvegue. Os resultados corroboram com esta afirmação, já que as medidas nas subseções oscilaram para mais ou menos entre os períodos.

Drago (1990), estudando quatro segmentos transversais no médio rio Paraná evidenciou que a direção do fluxo é controlada predominantemente pelas barras arenosas e ilhas. Cita o autor, que o ângulo a montante formados por estas feições geomórficas, refletem na variação do ângulo do talvegue e nas correntes de fluxo. Baseado nas conclusões do autor, infere-se que a seção C como todas as suas subseções, encontra-se num ângulo favorável para desenvolver velocidades superiores aos das seções A e B. Esta justificativa deriva-se do posicionamento das ilhas localizadas a montante da seção, como também da maior declividade em relação as duas primeiras. Estes destaques foram evidenciados pelas oscilações registradas na seção C, enquanto A e B apresentaram nas suas subseções uma relativa estabilidade de área entre os anos.

Com respeito as variações longitudinais (tabela 5 e figura 14), todas apresentaram oscilações nos seus comprimentos, ora para mais ou para menos. Entretanto, destaca-se a ilha 22, que teve um aumento de 1750 metros proporcionado pelo soldamento da ilha 27 entre o ano de 1952 a 1965 e alcançou o seu maior comprimento (15.412 m) em 1970. Deste então, até o ano de 1996, vem apresentado um recuo médio de 3,42 m/ano. Fernandez (1990) em estudos sobre erosão marginal, instrumentou um ponto amostral na cabeceira desta ilha (Japonesa) e concluiu que nesta localidade ocorria um recuo de margem de 17,63 m/ano. Desta forma, podemos atribuir que o recuo médio de 3,42 m/ano pode estar sendo compensado por processos deposicionais que

ocorrem a jusante deste ponto. Quando se observa as séries históricas de todas as fotografias da região, nota-se visivelmente que a cabeceira da Ilha Japonesa, gradativamente encontra-se distanciando dos outros arquipélagos a montante, o que justifica a afirmação acima.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As séries históricas de fotografias aéreas existentes na área de estudo, permitiram a verificação das feições geomórficas ocorridas no arquipélago Floresta/Japonesa. O arquipélago comportou como sítio deposicional no período entre 1952 e 1970, quando neste intervalo constatou-se um aumento 409,48 ha e entre 1970 e 1996, como sítio de erosão, quando regrediu 372,21 ha.

A avaliação das mudanças de área encontra-se de acordo com outros arquipélagos, localizados a montante e demonstram que há períodos de domínio de erosão, de transporte e de sedimentação (tabela 12). Contudo, a existência de sítios erosivos persiste durante episódios de domínio de expansão de área, e os sítios deposicionais também ocorrem durante os períodos de erosão.

Tabela 12 - Variação de área dos arquipélagos existentes no segmento multicanal em termos relativos.

Arquipélago/Ano	1952/1965	1965/1970	1970/1980	1980/1996
* Cariocas	27,0	- 1,43	- 0,3	- 17,5
** Mutum e Porto Rico	13,0	0,3	- 1,46	- 10,0
Floresta e Japonesa	0,8	4,85	- 4,15	- 0,8

Fonte* Fernandez, O.V.Q & Souza_Filho, E. E., 1995; Fonte** CORRREA, G.T. & SOUZA-FILHO, E.E., 1999.

Os resultados mostraram que as alterações estão possivelmente e estão condicionadas a fatores intrínsecos (regime hidrológico, posicionamento do talvegue, declividade, velocidade de fluxo e sedimentos mobilizados) e ou extrínsecos, possivelmente relacionados com as atividades antrópicas localizadas na própria calha e ou na bacia de drenagem. Desde as décadas finais do século passado é amplamente aceito e reconhecido que as práticas de desmatamentos; mudanças nos solos urbanos e rurais e as grande obras de barramentos geram profundas alterações no ciclo hidrológico e conseqüentemente no regime hidrológico dos rios, acarretando assim profundas modificações na dinâmica erosivo-deposicional das encostas e dos cursos fluviais.

Com relação ao aumento dos processos erosivos instalados pós década de 70, serão ainda necessários maiores investigações na bacia de drenagem e reservatórios localizados a montante,

para verificar as causas destas alterações, já que o entendimento deste processo é de máxima importância para a geomorfologia e ecologia regional.

BIBLIOGRAFIA

BURKAM, D.E., 1972. Channel changes of de Gila river in Safford valley, Arizona 18461970. **U.S. Geol. Surv. Prof. Paper.**, 655 G, pp. 1-24.

CORREA, G.T. & SOUZA-FILHO, E.E., 1999. O uso do solo no Arquipélago Mutum- Porto Rico - Alto rio Paraná (MS/PR). **Boletim Paranaense de Geociências.**, 47. pp. 111122.

CHEIN, N., 1961. The braided stream of de lower Yellow river, **Sciencia** 19: 734-754.

CHRISTOFOLETTI, A., 1981. **Geomorfologia fluvial**. Ed. Edgard Blücher. São Paulo. 313p.

CHRISTOFOLETTI, A., 1979. Mudanças nos canais fluviais. **Notícias Geomorfológicas** 19, (37/38): pp.119-122.

DRAGO, E.C.E., 1990. Geomorphology of large alluvial rivers: Lower Paraguay and middle Parana. **Interciencia.** (15):6. pp.378-387.

FERNANDEZ, O.V.Q., 1990. Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: Região de Porto Rico, PR. **Dissertação de Mestrado**, IGCE/UNESP/Rio Claro, 96p.

FERNANDEZ, O.V.Q. & SOUZA-FILHO, E.E., 1995. Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências.**, 43, pp. 161-171.

GILBERT, G.K., 1972. Report on the geology of the Henry Moutains. In: **River Morphology.**, Straudsborg, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. p. 43-47.

GREGORY, K.J., 1977. The context of river channel changes. In: **River channel changes.** Gregory, K.J. (ed.). John Wiley & Sons. Belfast, Ireland. pp. 1-12.

GRUPTA, A., 1999. Na introduction to large rivers. In: International Symposium on Geomorphology and Paleohydrology of Large Rivers/GLOCOPH-IAG. **Boletim Goiano de Geografia, Special Issue.**19(1). Goiânia, Brasil.

HOLLIS, G.E. & LUCKETTI, J.K., 1976. The response of natural river channel to urbanization: two case studies in southeast England. **Journal of Hydrobiology**, 30 (4): 351-363.

JABUR, I.C., 1992. Análise paleoambiental do quaternário superior na bacia do alto rio Paraná. Rio Claro: UNESP. 84 p. **Tese (Doutorado)** - IGCE, Universidade Estadual Paulista.

KLIMEK, K. & TRAFAS, K., 1972. Jounq - Holocene changes in the course of the Dunajec river in the Beskid Sadecki Mountains. **Studia Geomorphologica Carpatho- Balcanica.**, 6. Pp. 85-92.

LANE, E.W., 1972. The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. In: **River**

- morphology**. Schumm, S. A. (ed.) Straudsbury, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. p. 97-116.
- LEEDER, M.R., 1982. River Plains. In: **Sedimentology, Products and Process**. Cap.15. John Wiley & Sons.
- LEWIN, J. & HUGHES, D., 1976. Assessing channel change on Welsh rivers. **Cambria**, 3, pp. 1-10.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. & MILLER, J.P., 1964. **Fluvial processes in geomorphology**. Freedman, San Francisco, 319 p.
- LEWIN, J. & HUGHES, D., 1976. Assessing channel changes on Welsh rivers. **Cambria**., 3. pp. 1-24.
- MORISAWA, M., 1968. **Streams: their dynamics and morphology**. Mc Graw-Hill Book Co. New York, 175 p.
- NOVO, E.M.L., 1985. Métodos de análise da morfodinâmica fluvial: Uma comparação entre métodos de análise fluviométrica e métodos de análise multitemporal de sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geociências**, 15(3): 207-212.
- PARANÁ., 1987. (Secretaria de Estado e Abastecimento- Instituto de Terras, Cartografia e Florestas - ITCF). **Atlas do Estado do Paraná** (s.1) p. 73.
- PETTS, G.E. & FOSTER, I., 1990. **Rivers and Landscape**. The Atheneum Press. 2. Ed., New Castle. Great Britain.
- POFF, H.L., ALLAN, D., BAIN, M.B., KARR, J.R., PRESTEGAARD, K.L., RICHTER, B.D., SPARKS, R.E. & STROMBERG, J.C., 1997. The natural flow regime; a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience**, vol. 47, n.11. pp- 769-784.
- OTOUGHLIN, C.L., 1970. Streambed investigations in a small mountain catchment N. Z. **Jl. Geol. Geophys.**, 12, pp. 684-706.
- PICKUP, G., 1978. Adjustment of stream channel shape to hydrological regime. **Journal of Hidrology**, 30 (4): 365-373.
- RICHARD, K.S., 1976. Complex width-discharge relations in natural river sections. **Geological Society America Bulletin**, 87 (2): 199-206.
- RICHARD, K.S., 1982. Rivers: form and processes in alluvial channels. **Methuen & Co**. p. 359.
- ROCHA, P.C., FERNANDEZ, O.V.Q. & SOUZA-FILHO, E.E., 1994. Influência de grandes barragens sobre o regime hidrológico do rio Paraná em Gaíra-PR. **Anais 5^o Cong. Bras. de Geógrafos**, Curitiba-PR. Boletim de resumos.
- ROCHA, P.C. & SOUZA-FILHO, E.E., 1996. Erosão marginal em canais associados ao rio Paraná na região de Porto Rico, PR. Maringá: UEM. 32P. **Dissertação (Mestrado)**- Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá.

ROCHA, P.C., SOUZA-FILHO, E.E. & FERNANDEZ, O.V.Q., 1998. Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no alto rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências** 46. Curitiba-PR., pp 117-122.

ROCHA, P.C., FERNANDEZ, O.V.Q., & SOUZA-FILHO, E.E., 1995. Influência de grandes barragens sobre o regime hidrológico do rio Paraná em Guaíra, PR. In: **Congresso Brasileiro de Geógrafos**, 5., Curitiba, PR.

ROCHA, P.C., SANTOS, M.L. & SOUZA-FILHO, E.E., 2001. Alterações no regime hidrológico do alto rio Paraná como resposta ao controle de descargas efetuado por grandes barramentos a montante. **VIII Encuentro de Geóg. de América Latina**, Santiago -Chile, pp 28-39.

SANTOS, M.L., 1991. Faciologia e evolução de barras de canal do rio Paraná na região de Porto Rico (PR). Rio Claro: UNESP. 125p. **Dissertação (Mestrado)**- IIGCE- Universidade Estadual Paulista.

SANTOS, M.L., FERNANDEZ O.V.Q., STEXAUX, J.C. 1992. Aspectos morfogenéticos das barras de canal do rio Paraná. **Boletim de Geografia**. Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, v. 10, n.1, pp. 11-24.

SANTOS, M.L., ROCHA, P.C., COMUNELLO, E., 2001. Sistema fluvial do rio Paraná (Brasil) em seu curso superior: Um exemplo de planície aluvial em desequilíbrio. In: **V REQUI/ I CQPLI**. Lisboa, Portugal., pp. 145-148.

SCHUMM, S.A. & LICHTY, R.M., 1963. Channel widening and floodplain construction along Cimarron river, in south western Kansas. **U.S. Geological Survey, Prof. Paper.**, 352-D: pp. 71-88.

SCHUMM, S.A. & LICHTY, R.W., 1965. Time, space and causality in geomorphology. **Am. J. Sci.**, 263, 110-119.

SOUZA-FILHO, E.E., 1991. Variação longitudinal de fácies em depósitos sedimentares do rio Paraná em Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). São Paulo: USP. 54p. **Exame de (Qualificação)** - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SOUZA-FILHO, E.E., 1993. Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná em Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). Inst. Geoc., USP, **Tese (Doutorado)**, São Paulo, SP, 214 p.

SOUZA-FILHO, E.E. & CORREA, G.T., 1999. Comparação entre as variações de áreas de dois arquipélagos do rio Paraná nas proximidades de Porto Rico (PR). In: **VII Simp. Brasil. de Geogr. Fís. Apl. Anais**. Belo Horizonte. MG.

SOUZA-FILHO, E.E. & STEVAUX, J.C., 1997. As barras fluviais da parte média do alto rio Paraná. In: VI Congresso Brasileiro da ABEQUA. Curitiba, PR. pp. 265-269. SOUZA-FILHO, E.E., ROCHA, P.C., CORREA, G.T., COMUNELLO, E., 2001. O ajuste fluvial e a erosão nas margens do rio Paraná em Porto Rico (Brasil). In: **V REQUI/ I CQPLI**. Lisboa, Portugal., pp. 37-40.

SOUZA-FILHO, E.E. & STEVAUX, J.C., 1997. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curitiba, Ivinhema. In: **A planície de inundação do alto rio Paraná - aspectos físicos, biológicos e sócioeconômicos.**, Vazzoler, A. E. e de., Agostinho, A. A., Hahn, N. S. (ed.). pp. 3-46.

STEVAUX, J.C., 1993. O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação, e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR). São Paulo: USP. 242p. **Tese (Doutorado)** - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

STEVAUX, J.C., 1994. The upper Parana river (Brasil): Geomorphology, sedimentology, and paleoclimatology. **Quat. Internat.**, v.21, p. 143-161.

WOLMAN, M.G. & MILLER, J.P.,1960. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. **Journal of Geology**, 68: 58-74.

3 AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE EROSÃO MARGINAL NO ARQUIPÉLAGO FLORESTA JAPONESA (ALTO RIO PARANÁ) NO PERÍODO DE 1999 A 2001

3.1 INTRODUÇÃO

A dinâmica e as formas topográficas resultantes da ação fluvial tem despertado interesse do homem, desde a antiguidade. As antigas civilizações que floresceram às margens dos grandes rios Nilo, Eufrates e Tigre reconheciam a importância do ciclo hidrológico para o enriquecimento de suas terras produtivas.

Na atualidade, o conhecimento científico desponta como uma ferramenta incomensurável para avaliar toda a dinâmica relativa a escultura do modelado terrestre e a geomorfologia fluvial coloca-se entre os setores da ciência geomorfológica mais bem instrumentados para este entendimento.

Os estudos sobre erosão de margens ganharam mais significância a partir da quinta década do século passado, quando geólogos e geomorfólogos americanos e britânicos demonstraram empenho em quantificar as taxas de mudanças, daquilo que outrora eram sujeitos a comentários gerais e especulações. Destacam-se, naquela época, trabalhos realizados em pequenos rios e sobretudo em ambientes de clima temperado, tais como os de Wolman (1959), Schumm & Lichty (1963), Leopold (1973), Knighton (1973), Hooke (1977, 1979), Graf (1981), dentre outros.

No Brasil, somente a partir da década de 70 do século passado os estudos sobre a geomorfologia fluvial foram intensificados, com ênfase nos processos e nos mecanismos observados no canal fluvial, adquirindo uma visão mais ampla, ao envolver outras áreas do conhecimento, como a Hidrologia (superficial e subterrânea), a Pedologia e a Ecologia. Ainda, a partir da década de 70, as contribuições têm adotado uma perspectiva temporal para as mudanças fluviais e se preocupado com as modificações decorrentes da maior atuação do homem sobre o ambiente fluvial, em especial modificando-o com a construção de obras de engenharias, ou usos indevidos na bacia hidrográfica (Guerra & Cunha, 1995).

Quando observamos as grandes mudanças no modelado do relevo, que vem ocorrendo desde o Pleistoceno, inclinamo-nos em imaginar que demandam longo período de tempo. Entretanto se comparadas a escala do tempo geológico, certos processos geomorfológicos são mais rápidos do que se imaginam.

Dentre os diversos processos de importância geomórfica, a erosão marginal desponta como uma das mais dinâmicas e o entendimento do seu mecanismo é de fundamental importância para

a compreensão dos aspectos ligados ao meio fluvial. Nesta perspectiva, o conhecimento do aspecto morfológico, da hidrologia e geomorfologia através de parâmetros quantificáveis revelam-se necessários para a compreensão e temporização dos eventos nos quais estão envolvidos.

De acordo com Thorne & Tovey (1981), as variáveis que condicionam a erosão marginal nos canais fluviais são numerosas, destacando-se o tamanho, a geometria e a estrutura do barranco, as propriedades mecânicas do material, as características hidrodinâmicas do fluxo nas proximidades das margens e as condições climáticas.

No segmento multicanal localizado na região do Município de Porto Rico PR, destacam-se os trabalhos pioneiros de Fernandez (1990), que utilizou pela primeira vez o método de pinos para a quantificação da erosão marginal em rios tropicais de grande porte e os de Rocha (1995), que avaliou o mesmo processo em quatro diferentes segmentos da planície do rio Paraná: dois de padrão meandrante; um entrelaçado e um anastomosado.

Visando compreender o processo de erosão marginal no arquipélago Floresta/Japonesa que se encontra a jusante dos trabalhos precursores listados acima, o estudo abrange a identificação e quantificação dos processos erosivos, em 19 pontos amostrais, durante dois períodos hidrológicos (vazante-cheia-vazante-cheia). Dentre as grandes variabilidades dos fatores responsáveis pela erosão marginal, o presente ensaio enfocará as características hidrodinâmicas as quais as margens estão submetidas, como também as propriedades mecânicas pertinentes a estas margens.

3.2 ÁREA DE ESTUDOS

A área estudada situa-se no trecho superior do rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico - PR. Nesta área, o rio Paraná apresenta um padrão multicanal, com largura média de 1,2 a 5,0 km, com três conjuntos de ilhas; o do Mutum Porto Rico, com 5 ilhas e cerca de 16 km de extensão; o do Carioca com 6 ilhas e pouco mais de 6 km e o do Floresta-Japonesa com mais de 30 ilhas e aproximadamente 30 km (Souza-Filho & Fernandez 1995).

As ilhas, barras e canais que formam o canal principal (figura 19) esboçam um tipo de padrão multicanal e abriga na sua margem direita uma ampla planície de inundação que pode chegar a 20 km, especialmente em sua margem direita (Agostinho & Zalewski, 1996) com um variado complexo de canais secundários, lagos e pântanos.

As ilhas são constituídas por depósitos tabulares argilosos e por cordões arenosos, relíquias da planície de inundação e diques marginais de uma fase em que o rio Paraná era anastomosado

(Souza-Filho, 1993, 1994). Sua planície situa-se entre dois e cinco metros acima do nível médio do rio, e apenas em grandes cheias com intervalo de recorrência de várias décadas, são completamente inundadas (Fernandez & Fúlfaro, 1993).

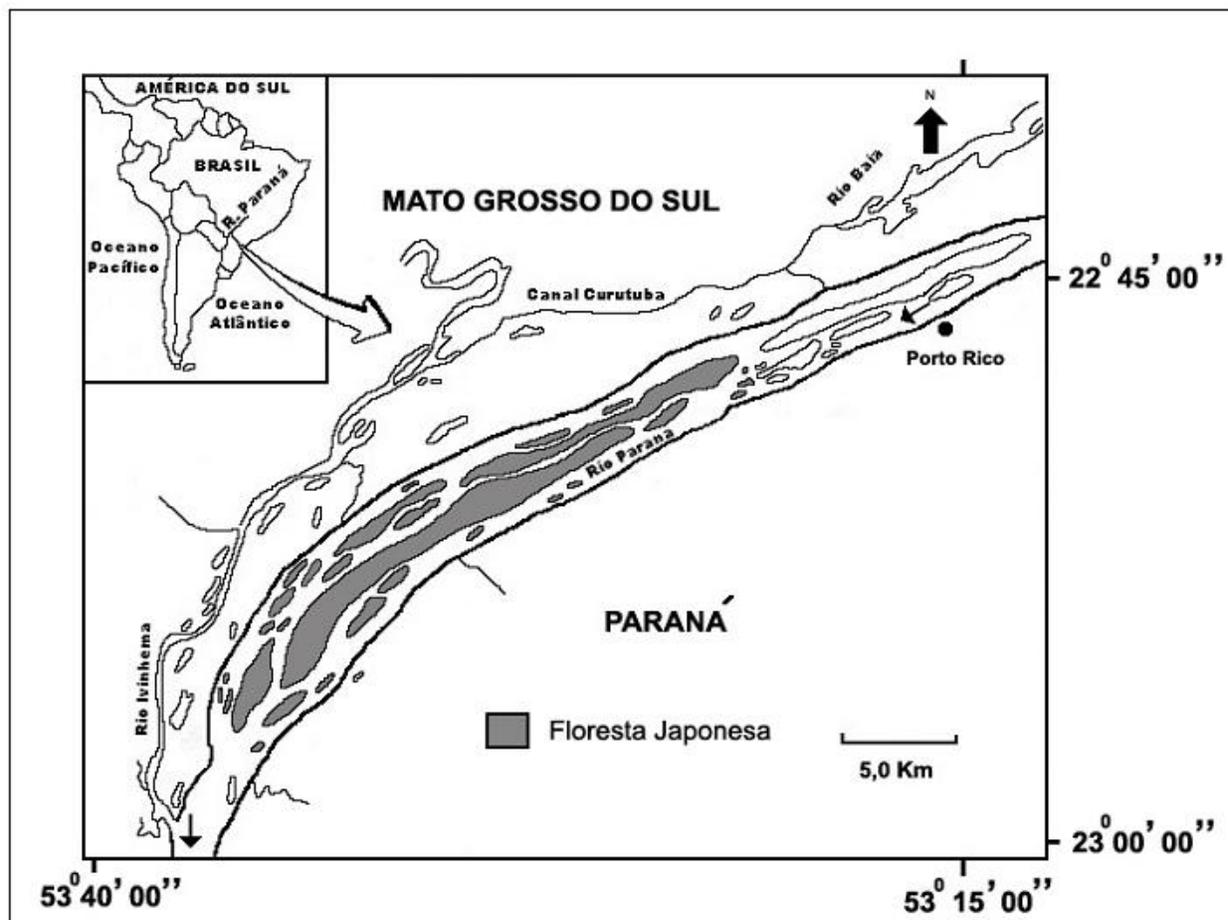


Figura 19 - Localização da área de estudo.

A descarga média na estação fluviométrica de Porto São José, estação mais próxima da área de estudo, foi de $8.908 \text{ m}^3/\text{s}$ para o período de 1964 a 1994. A cheia de maior magnitude apresentou $33.740 \text{ m}^3/\text{s}$ em fevereiro de 1983. Seu período de maior descarga se estende de janeiro a março, coincidindo com a estação chuvosa na sua bacia superior (Rocha, 1995). A descarga sólida do rio Paraná para o período de 1986 a 1988, foi de 30 milhões de toneladas por ano (ITAIPU-BINACIONAL, 1990), e, desse total, dez por cento é referente à carga de fundo, dominada por areia fina e média.

Stevaux (1993) relata que os teores de carga de fundo e carga suspensa varia durante o ano, mas o pico de maior concentração de sólidos em suspensão ocorre 30 dias após a onda de cheia.

3.3 METODOLOGIA

Os métodos clássicos na literatura referentes a estudos das mudanças nos canais fluviais, resumem-se basicamente em três principais fontes de informações: *medições diretas no campo* (método dos pinos, métodos das estacas, perfilagens sucessivas e método fotográfico), *medição indireta* (através de comparação de mapas antigos e fotografias aéreas), e a *utilização de evidências biológicas e sedimentares* (estudos dendrocronológicos e datações convencionais de C^{14}).

A quantificação da erosão marginal foi realizada através de medições diretas no campo, utilizando-se de dois métodos de medição: o primeiro consiste no método de pinos, que foi utilizado, precursoramente, por Wolman (1959) em rios americanos e por Fernandez (1990) em rio de grande porte, como o rio Paraná. O método consiste na inserção de pinos de aço na face do barranco, cujo recuo é medido pelo grau de exposição que os pinos apresentam. Os pinos apresentavam um comprimento de 100 cm e 05 mm de diâmetro e foram inseridos com distribuição vertical única em cada ponto de amostragem.

O segundo método, consistiu em três distintas tomadas de perfilagem, sendo uma no início do experimento (vazante) e duas outras após as cheias. Este método ilustra a evolução progressiva da face do barranco e permite a determinação de diferentes tipos de margens, ao longo do período monitorado. As medições foram realizadas com auxílio de régua graduada de 3,0 m de comprimento, trena flexível e metro de carpinteiro.

As medições de recuo dos pinos ocorreram nos dias 16/09/1999, 06/03/2000, 15/04/2000, 29/06/2000, 04/10/2000, 08/01/2001 e 09/04/2001. As perfilagens foram realizadas nas datas em negrito. Para efeito de análise, dividimos as datas de 16/09/1999 a 29/06/2000 (288 dias) como primeiro período, o que corresponde ao primeiro ciclo hidrométrico (vazante- cheia) e de segundo período, ao ciclo hidrométrico subsequente, que corresponde ao hiato de 29/06/2000 a 09/04/2001 (284 dias).

Leeder (1982), observou que as propriedades mecânicas de um barranco estão relacionadas à composição granulométrica, e são responsáveis pelo grau de coesividade dos materiais constituintes, gerando maior ou menor resistência à erosão.

Neste sentido, com auxílio de um trado foram coletadas amostras na face dos barrancos, nas proximidades dos pinos. As amostras foram levadas ao laboratório, secadas e submetidas as técnicas convencionais de análise granulométrica, que incluíram peneiramento para detectar a fração areia e de pipetagem para o silte e argila.

Além das propriedades mecânicas das margens, a variação do nível do rio é um fator muito

importante na erosão marginal, pois controla a atuação de forças de origem fluvial sobre os materiais das margens. Os dados de variação dos níveis hidrométricos, foram coletados através de leituras na régua linimétrica existente na base avançada do NUPÉLIA (Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura) da Universidade Estadual de Maringá, localizado a montante da área de estudo.

As medições da velocidade de fluxo foram realizadas com um auxílio de um molinete a uma distância de 5 m da margem e a 1 m de profundidade em todos os pontos instrumentados.

3.4 RESULTADOS

Os estudos foram realizados em 19 margens localizadas no arquipélago Floresta Japonesa. Foram avaliadas a atuação das variáveis granulométricas e hidrodinâmica às quais as margens encontravam-se submetidas.

3.4.1 Composição granulométrica das margens

As margens monitoradas foram analisadas quanto as suas características granulométricas e os resultados indicaram diferentes concentrações de areia, de silte e argila. A figura 20 apresenta o teor de areia das margens, onde identificou-se como mais arenosas as margens 02, 08, 04, 05, 07, 13, 16 e 18.

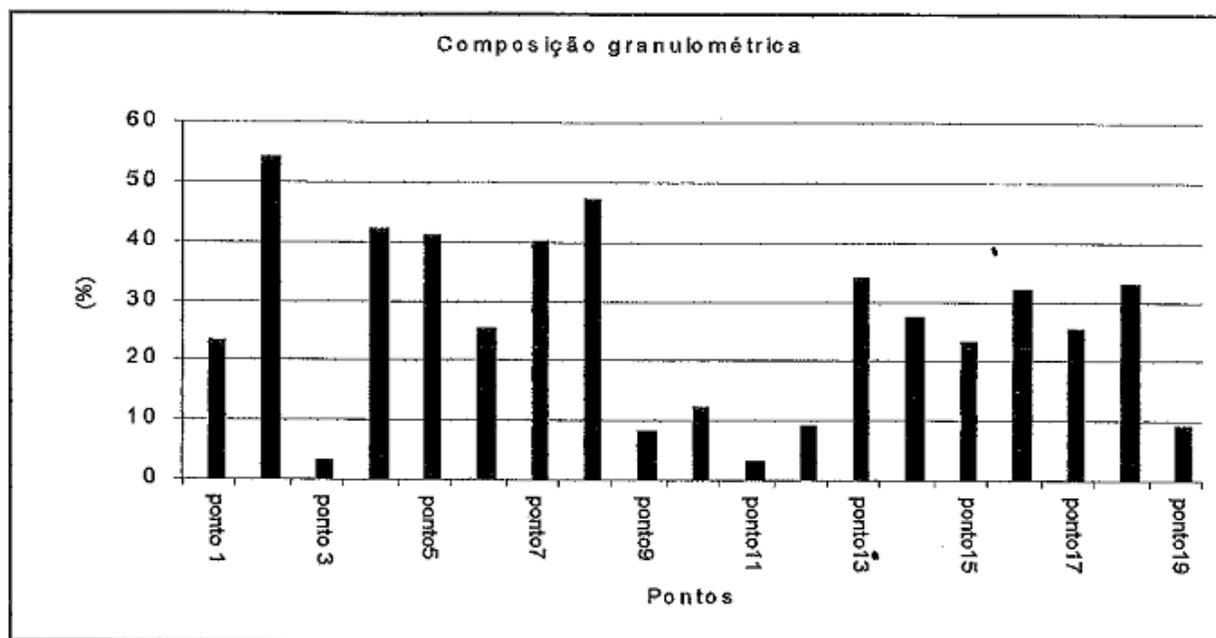


Figura 20 - Taxas relativas de areia nas margens monitoradas do arquipélago Floresta Japonesa.

3.4.2 O agrupamento das margens

As margens analisadas apresentaram diferentes geometrias e composição granulométricas, o que dificultou a categorização por agrupamento acerca destas variáveis. Entretanto, pode-se agrupá-las de acordo com os seu conteúdo de areia. Neste sentido, foram classificadas em três tipos de margens: as margens de *tipo I* (pontos 02-04-05-07 - 08-13-16 e 18), com teor de areia acima de 30%; margens de *tipo II* (pontos 01-06-10-1415 e 17) com teor de areia entre 10 e 30% e margem do *tipo III* (pontos 03-09-11-12 e 19) com teor de areia abaixo de 10%.

A localização destes três tipos de margens podem, ser visualizadas na figura 21 e a composição granulométrica média destas, estão resumidas na tabela 13. A evolução dos perfis das margens, podem ser acompanhados nas figuras 22, 23 e 24. As figuras ainda mostram os níveis máximos atingidos na primeira e segunda cheia, bem como a localização e quantidade de pinos instalados na face dos barrancos.

Tabela 13 - Frações médias da composição granulométrica dos três tipos de margens.

Tipos de margem	Areia %	Silte %	Argila %	Composição granulométrica
Tipo I	41,6	32,1	26,3	Areno-siltosa
Tipo II	18,9	38,3	42,8	Argilo-siltosa
Tipo III	5,7	41,2	53,1	Argilo-siltosa

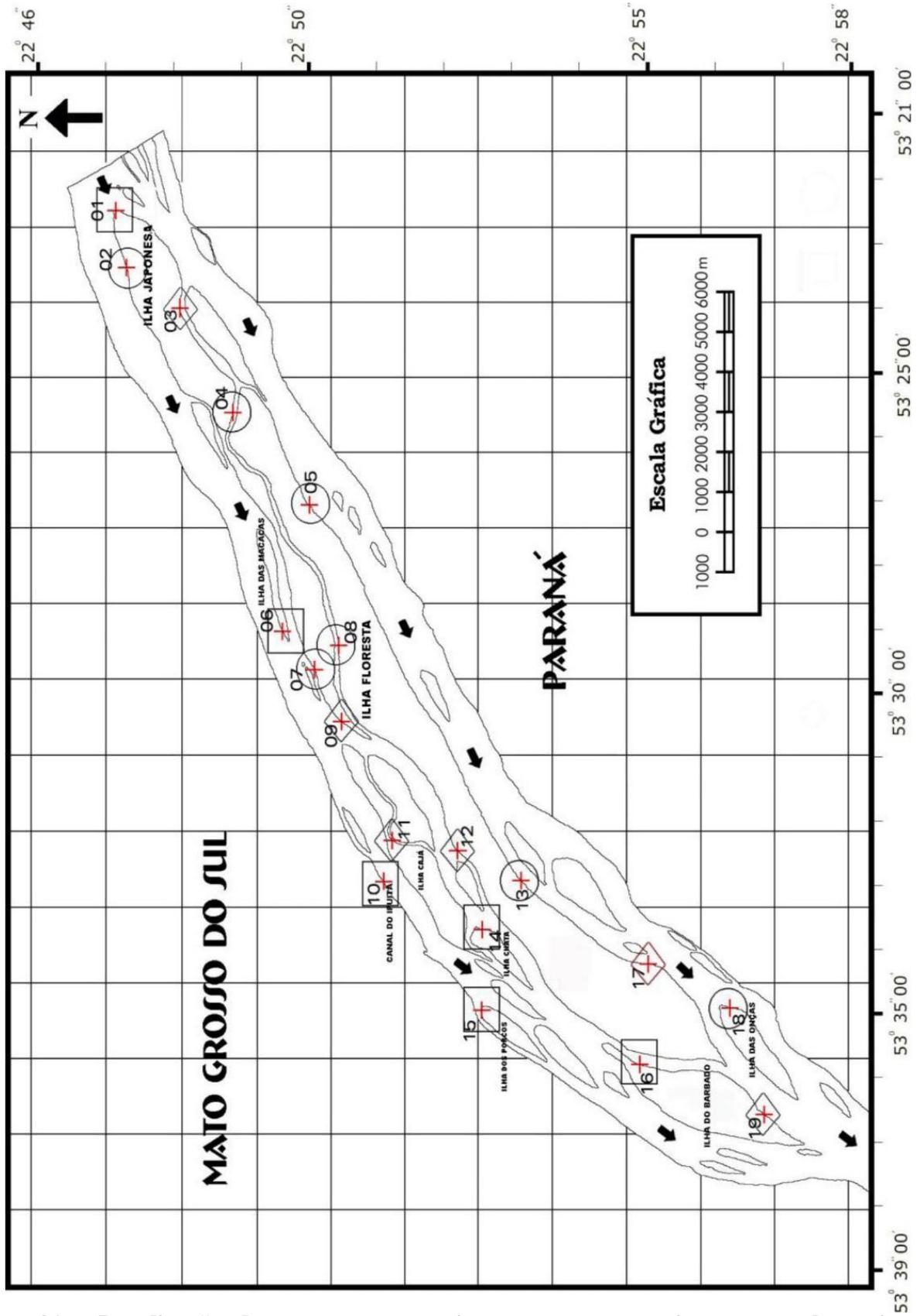


Figura 21 - Localizao dos pontos amostrais com seus respectivos teores de areias. Margem tipo I (círculo) com teor de areia acima de 30%; Margem tipo II (quadrado) com teor de areia entre 10 e 30% e Margem tipo III (losngulo) com teor de areia abaixo de 10%.

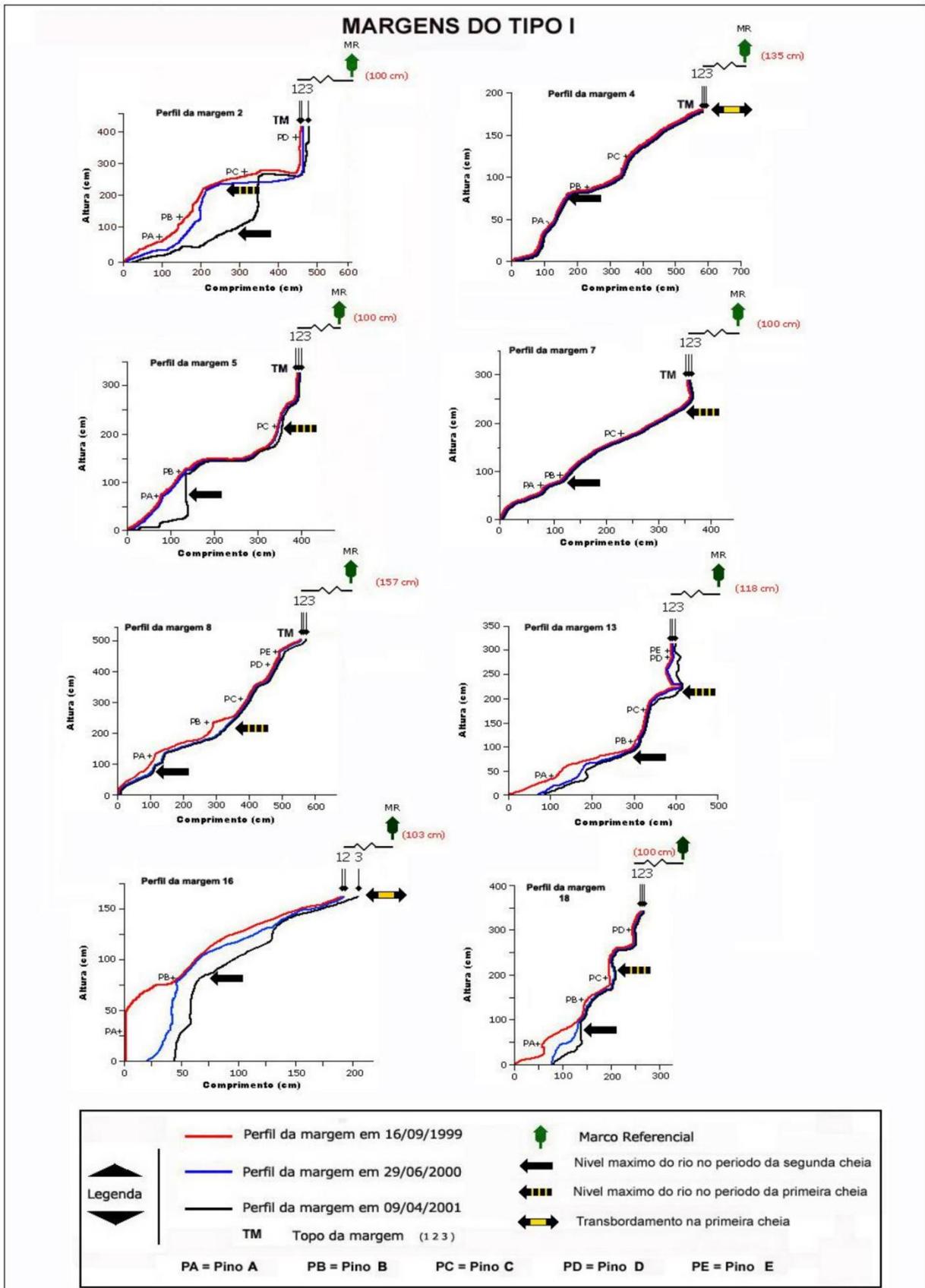


Figura 22 - Evolução das margens tipo I nos períodos de 16/09/99 a 29/06/00 e de 29/06/00 a 09/04/01.

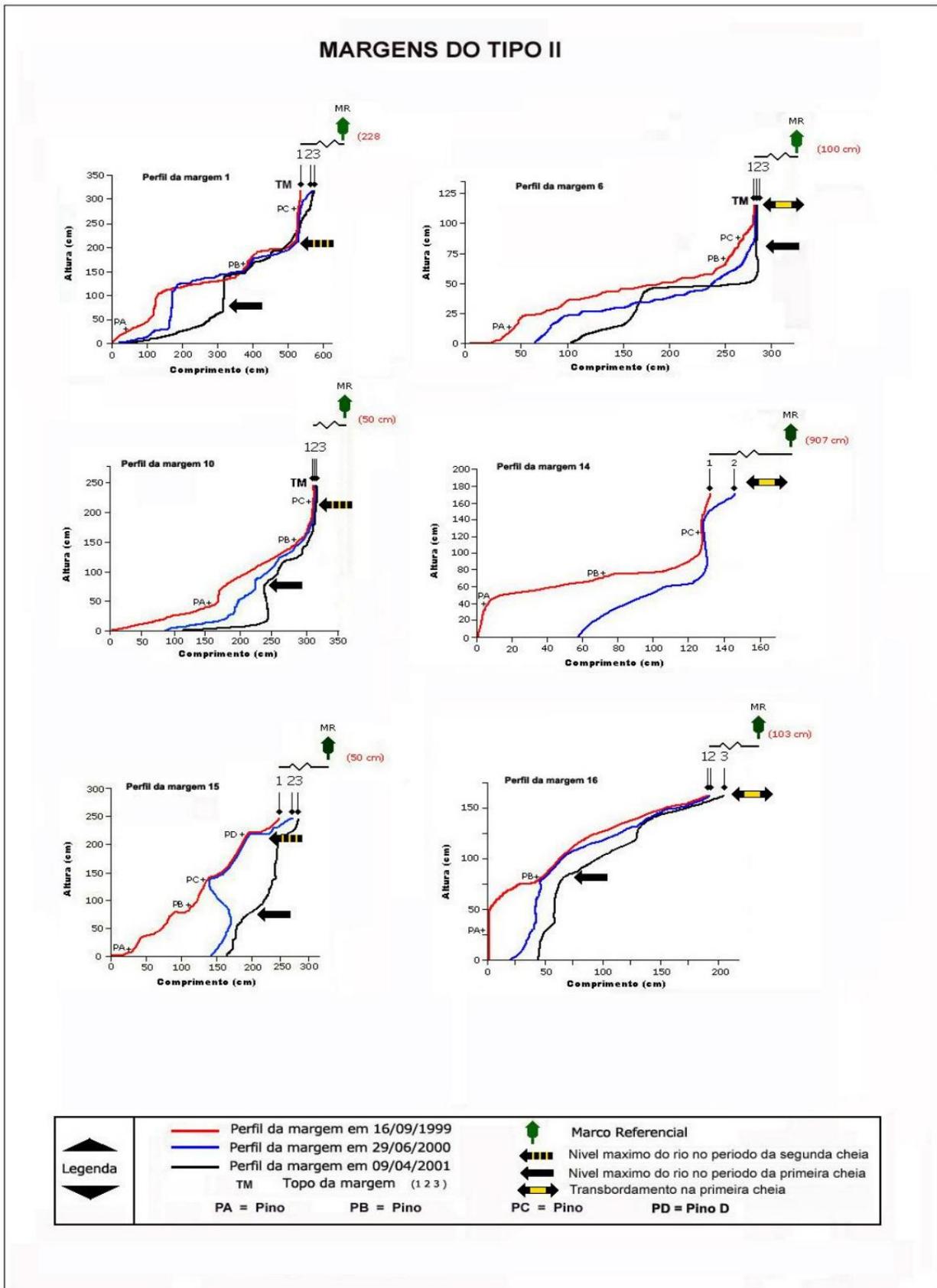


Figura 23 - Evolução das margens tipo II nos períodos de 16/09/99 a 29/06/00 e de 29/06/00 a 09/04/01.

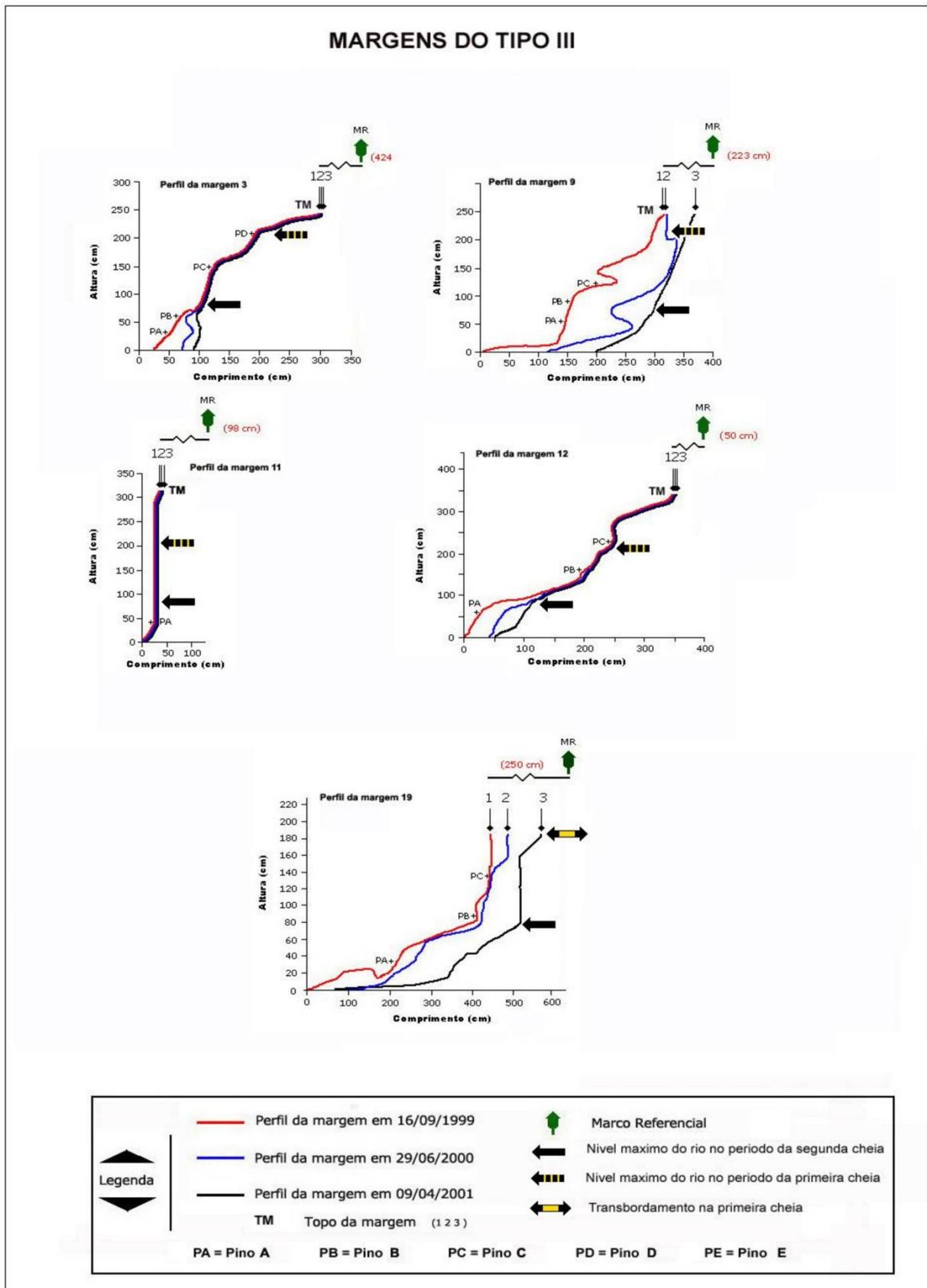


Figura 24 - Evolução das margens tipo III nos períodos de 16/09/99 a 29/06/00 e de 29/06/00 a 09/04/01.

3.4.3 Os tipos de margens e quantificação da erosão marginal

Os valores obtidos pelo monitoramento da erosão das margens foram significativamente altos, como podem ser observados na tabela 14. A erosão média mensal ocorrida no período de 16/09/1999 a 09/04/2001 (572 dias) foi de 540,5 cm. No primeiro período, registrou-se um a média mensal total de 297,6 cm e no segundo a média foi de 242,9 cm.

A taxa de erosão mensal total para as margens do *tipo I* foram de 172,5cm. A somatória das médias no primeiro período foi de 69,8 cm e de 102,7cm para o segundo. O ponto 02 apresentou a maior taxa de erosão entre as margens deste tipo e teve o segundo período mais erosivo. Os pontos 08-13 e 18 apresentaram taxas muito próximas e o ponto 07 apresentou-se estável.

Tabela 14 - Erosão média mensal (cm) dos três tipos de margens, por período.

Períodos	Margens do Tipo I								Total
	Pontos								
	02	04	05	07	08	13	16	18	
1º	42,1	2,7	2,9	2,2	7,8	8,6	4,7	7,2	69,8
2º	49,1	2,2	6,6	2,2	2,7	4,1	4,2	5,2	102,7
Total	89,2	2,7	7,5	2,2	12,5	12,7	8,9	12,2	172,5

Períodos	Margens do Tipo II						Total
	Pontos						
	01	06	10	14	15	17	
1º	14,1	7,2	4,5	*123,2	21,2	23,2	172,8
2º	11,2	8,1	5,8	-	21,9	36,2	82,8
Total	25,1	15,3	12,3	*123,2	42,9	59,2	255,6

Períodos	Margens do Tipo III					Total
	Pontos					
	03	09	11	12	19	
1º	6,7	33,2	2,2	5,2	12,1	55,0
2º	2,7	14,7	2,2	3,6	36,4	57,4
Total	9,4	47,9	0,0	8,6	46,5	112,4

Valor mínimo.

As margens do *tipo II* apresentaram um recuo mensal total de 255,6cm. No primeiro período, verificou-se um recuo médio total de 172,8cm e 82,0cm no segundo.

O alto valor médio do primeiro período é decorrente do ponto 14 que sofreu grandes desmoronamentos por ocasião da primeira cheia, chegando a ultrapassar o marco referencial que se encontrava a uma distância de 9,80 metros. Quando se descarta o valor anômalo do ponto 14,

os valores para o primeiro período diminuem de 172,8cm para 152,6cm. Com alta taxa mensal de recuos para este tipo de margem, destacaram-se ainda os pontos 15 e 17 que tiveram os valores totais acima de 40cm/mês, como também o ponto 01 com taxa de 25,1/mês e com valores menores, os pontos 06 e 10.

Comparando a erosão entre os dois períodos, percebe-se quando descartado o ponto 14, que o segundo período apresentou maior efetividade erosiva com 82,9cm/mês, contra 69,8 do primeiro ciclo.

As margens do *tipo III*, apresentaram um comportamento erosivo intermediário, entre os outros dois tipos de margens. O valor médio total dos recuos para este tipo de margem foi de 112,4cm e o segundo período mostrou-se ligeiramente mais erosivo (57,7cm) do que o primeiro (55,0cm).

Com valores próximos 50cm/mês, destacaram-se os pontos 09 e 19; e com taxa de até 10cm/mês os pontos 03 e 12. Já o ponto 11 demonstrou-se estável nos dois períodos.

Com relação a variação de nível da água, os dois períodos apresentaram magnitude distintas, como demonstra a tabela 15 e figura 25. No primeiro período ocorreram 117 dias com níveis de água acima do primeiro pino (PA) e de 179 dias abaixo desta referência. O segundo período caracterizou-se por apresentar níveis extremamente baixos, registrando somente 65 dias com níveis de água potencialmente erosivos na porção sub- aérea e de 219 dias com níveis abaixo do primeiro pino.

Tabela 15 - Números de dias com níveis de água acima e abaixo do 1^o pino, com os respectivos débitos médios ocorridos no primeiro e segundo período hidrométrico.

Períodos	Número de dias com níveis acima do 1 ^o pino	Número de dias com níveis abaixo do 1 ^o pino	Número total de dias	Vazão Média (m ³ /s)
1 ^o	117	171	288	8.093
2 ^o	65	219	284	7.642
Total	182	390	572	7.867

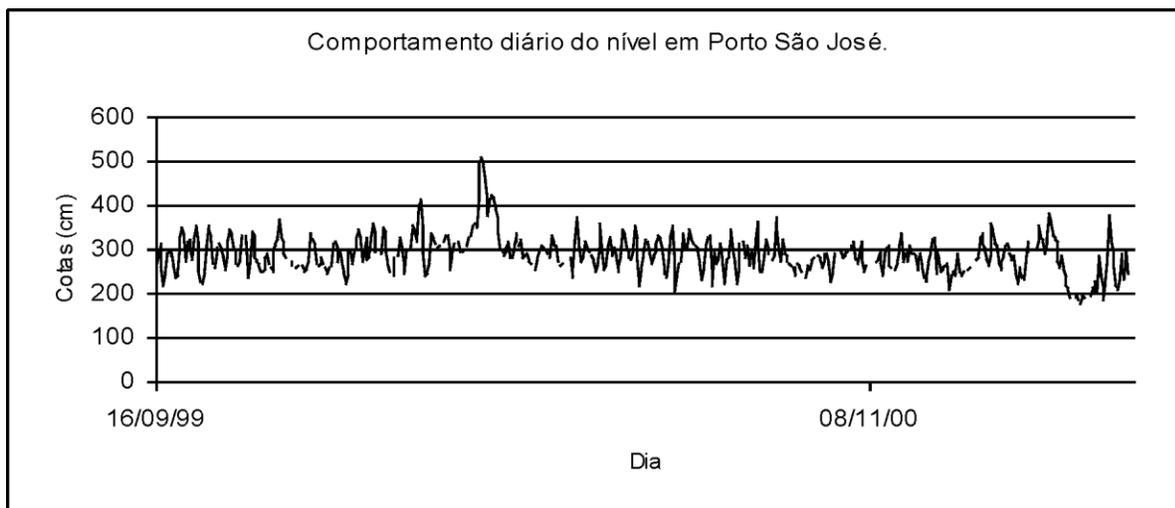


Figura 25 - Variação hidrométrica no período de 19/09/1999 a 09/04/2001.

Dentre todos os pontos amostrados, somente os pontos 04, 06, 14, 16 e 19 foram completamente transbordados pelo o pico da primeira cheia, ocorrida no dia 25/05/2000, como podem ser visualizados nas figura 23, 24 e 25.

3.4.4 A vazão de nível e a velocidade de fluxo

A vazão média ocorrida nos dois ciclos (vazante-cheia/vazante-cheia), registrou 7.867 m³/s. O primeiro período apresentou uma vazão média de 8.093 m³/s, o segundo de 7.642 m³/s, e registrou 65 dias com níveis acima do primeiro pino e de 219 abaixo.

As velocidades das correntes variaram ao longo do experimento e os maiores valores registraram-se no primeiro período, como mostra a tabela 16. As velocidades de correntes acima de 1,00 m/s, couberam aos pontos 02 e 13 da margem do tipo I, ao ponto 01 do tipo II e ao ponto 09 do tipo III.

Tabela 16 - Valores médios (m/s) da velocidade de fluxo ocorridas nos pontos, em suas respectivas margens e períodos.

<u>Períodos</u>	<u>Margens do Tipo I</u>							
	<u>Pontos</u>							
	02	04	05	07	08	13	16	18
1º	1,37	0,17	0,67	0,00	0,05	1,15	0,92	1,00
2º	1,20	0,17	0,42	0,00	0,05	1,01	0,87	1,00

<u>Períodos</u>	<u>Margens do Tipo II</u>					
	<u>Pontos</u>					
	01	06	10	14	15	17
1º	1,32	0,57	0,52	*0,75	0,90	1,57
2º	1,30	0,42	0,52	-	0,72	1,32

<u>Períodos</u>	<u>Margens do Tipo III</u>				
	<u>Pontos</u>				
	03	09	11	12	19
1º	0,40	1,05	0,37	0,82	0,82
2º	0,22	1,02	0,12	0,82	0,80

Valor mínimo.

3.5 DISCUSSÃO

Os processos erosivos atuaram diretamente na morfologia das margens. Das 19 margens monitoradas, observou-se que 17 delas sofreram trabalhos erosivos e foram identificados dois processos principais: a corrasão em menor quantidade e desmoronamentos em grande escala.

A corrasão é um processo lento de erosão gerado pelo atrito mecânico, geralmente através do impacto das partículas carregadas pelas águas Cristofolletti (1981). Rocha (1995), coloca a corrasão como produto dos efeitos das ondas e correntes na qual as margens estão submetidas e que os materiais constituintes das margens são removidos grão a grão.

No rio Paraná, Fernandez (1990) cita que a corrasão é o principal processo que ocorre nas margens com alta porcentagem de silte-argila, independentemente da energia ou da direção a qual está submetida as principais linhas de fluxo e que a potencialização deste processo, é percebida nas porções inferiores das margens com o aumento da velocidade de fluxo.

Os resultados obtidos neste trabalho, mostraram que este processo esteve atuante em todos pontos amostrados, à exceção dos pontos 07 e 11, que se encontram localizados em canais secundários (figura 20) e sob baixa velocidade de fluxo (tab.4).

O desmoronamento é a queda livre de blocos por efeito da gravidade a partir das faces

verticais das margens fluviais. Fernandez (1990), observou dois tipos de desmoronamento, diferenciados pelo seu mecanismo de atuação: *desmoronamento por cisalhamento e desmoronamento por basculamento*. O primeiro ocorre quando o bloco, devido ao solapamento, desmorona seguindo um plano vertical e o segundo quando um bloco perde o equilíbrio e desmorona sem um prévio solapamento acompanhado pela formação de fendas de tensão na superfície do barranco. Estes dois tipos ocorreram nos pontos monitorados; por basculamento os pontos 17, 19, 02 e 15; por cisalhamento os pontos 09 e 14.

A importância das variáveis hidrológicas no trabalho erosivo das margens são freqüentemente atribuídas por inúmeros pesquisadores, como Wolman (1959), Twidale (1962), Hooke (1980), Fernandez (1990), Fernandez & Fúlfaro (1993) e Rocha (1995).

Fernandez (1990) estudando a erosão marginal no rio Paraná destacou a média dos níveis mínimos e o nível médio como os principais fatores que determinam a ocorrência da erosão e de forma secundária, a velocidade de fluxo, a média dos níveis máximos e a percentagem de silte-argila. De forma oposta, Rocha (1995) destaca a velocidade média máxima como a mais atuante na erodibilidade das margens.

Os resultados aferidos nos permitem afirmar, que a velocidade média de fluxo é a principal variável atuante na erosão marginal (figura 26), corroborando com os dados de Rocha (1995). Os processos erosivos foram acentuados nos períodos pós-cheias nos locais onde a velocidade de fluxo acompanha a variação do nível da água e a percentagem de silte-argila pouco influenciaram na taxa erosiva. A taxa de erosão apresentou-se maior no primeiro período em resposta ao valor médio da vazão, proporcionando valores mais altos na taxa de recuo das margens, como demonstra a tabela 14.

A relação positiva entre débito e taxa de erosão foi discutida por Rocha et. al., (1999), e deve-se à relação direta entre débito e a velocidade de fluxo em canais de fluxo livre. A velocidade de fluxo é o principal fator de controle das taxas de processos erosivos marginais e o aumento de vazão é acompanhado pelo aumento da velocidade de fluxo. Entretanto, ao observar a figura 26, esta afirmação pode suscitar dúvidas, que mostra valores decrescente de erosão no período de 15/04 a 29/06/2000. Este decréscimo erosivo pode estar relacionado a mudança do talvegue do rio, vindo a apresentar outros possíveis sítios erosivos na calha do rio.

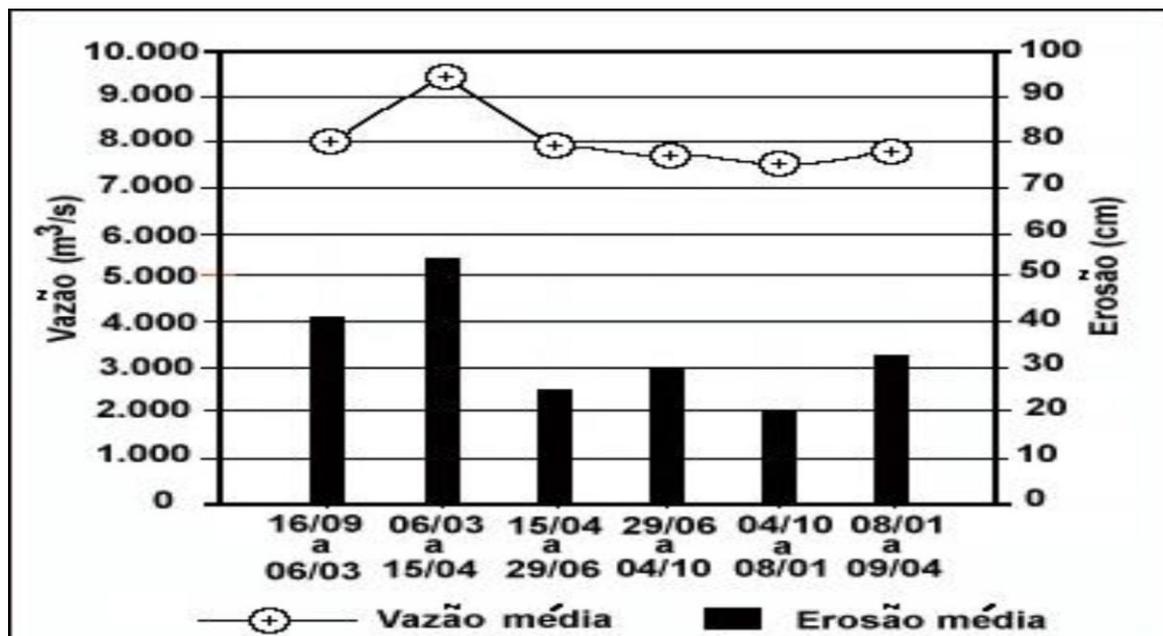


Figura 26 - Valores de erosão média mensal e vazão média diária em cada período amostragem do arquipélago das Ilhas Floresta Japonesa.

A observação da figura 25, pode confirmar o exposto, uma vez que a variação diária dos débitos, mostra um pico em março de 2000, e a diminuição dos valores no final do período. Algumas pequenas elevações nos valores de débitos em fevereiro e abril de 2001 poderiam explicar as taxas de erosão ligeiramente mais elevadas no período de janeiro e abril, entretanto o período de outubro a dezembro (2000) mostra picos mais baixos do que o intervalo abril - junho e junho - outubro embora a taxa seja mais elevada. A razão desta divergência pode estar relacionada a mudança do padrão de corrente imposta pela pequena cheia de março de 2000 ou ainda pelas variações diárias de nível imposta pela operação dos reservatórios a montante do arquipélago Floresta Japonesa.

Os dados referentes a taxa erosiva total nos três tipos de margens mostraram uma considerável variabilidade, como podem ser visualizados na figura 27. A velocidade de fluxo demonstrou seguramente ser responsável pelas atividades erosivas e a percentagem de silte-argila pouco influenciaram na taxa erosiva. Contudo, esta afirmação não se encontra pertinente aos pontos 14 e 08. A discrepância entre a erosão e velocidade de fluxo no ponto 14 pode ser inferida a uma possível constituição diferente das condições mecânicas das porções sub-aéreas e sub-aquosa da margem, que infelizmente não foram comparadas no desenvolvimento deste trabalho. Já o ponto 08, destacava-se entre os demais, por se encontrar próximo a um local de desedentação do gado, o que pode ter contribuído para o resultado não condizentes com a velocidade de fluxo.

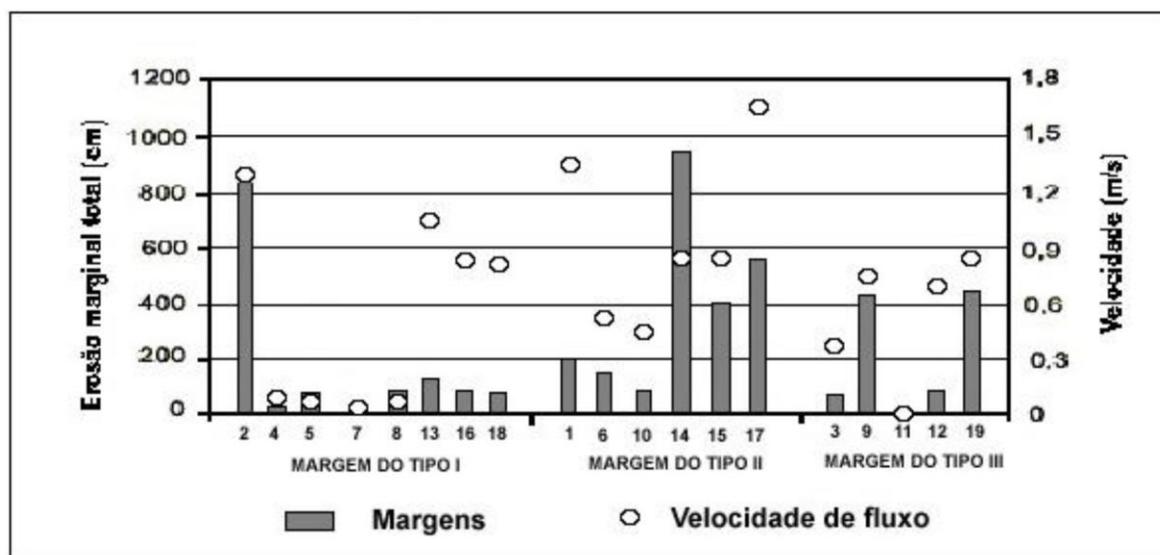


Figura 27 - Erosão marginal total com as respectivas médias de velocidade de fluxo ocorridas nas respectivas margens.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da considerável variabilidade quanto às taxas de erosão local apresentada nos três conjuntos de margens, permiti-nos reclassificá-las em cinco classes, conforme registrados na (Figura 28): As classes são as seguintes: margens estáveis (até 2cm/mês), margens de baixa taxa erosiva (de 2 a 10cm/mês), margens de taxa erosiva média (de 10 a 20 cm/mês), margens de alta taxa erosiva (de 20 a 30cm/mês) e margens de altíssima taxa erosiva (acima de 40cm/mês).

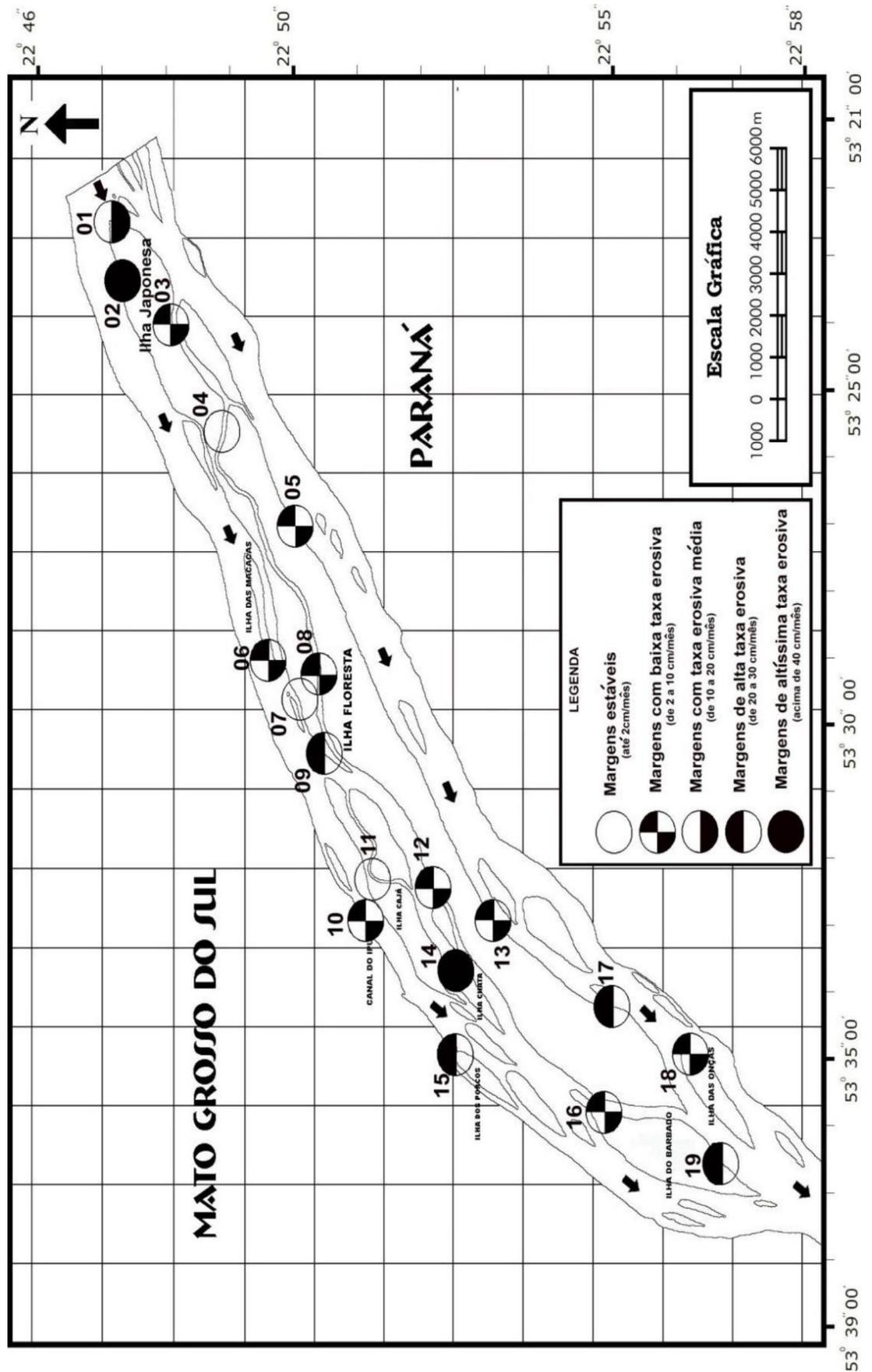


Figura 28 - Distribuição das margens, com diferentes taxas erosivas ocorridas no período de 16/09/99 a 09/04/01.

BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, A. A. & ZALEWSKI, M., 1996. **A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação.** Maringá - PR; EDUEM. 100 p.

CRISTOFOLETTI, A., 1981. Geomorfologia fluvial. São Paulo, SP. Edgard Blücher Brasil, 313p.

FERNANDEZ, O.V.Q., 1990. **Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: Região de Porto Rico, PR.** UNESP. Campus de Rio Claro.(Dissertação de mestrado). 86p. (inédito).

FERNANDEZ, O.V.Q. & FÚLFARO, V.J., 1993. Magnitudes e processos de erosão marginal no rio Paraná, trecho de Porto Rico - PR. **Geografia.** Ro Claro-SP.

GRAF, W.L. 1981. Channel instability in a braided, sand bed river. **Water Resources Research,** vol. 17. p. 1087-1094.

GUERRA, A .J.T. & CUNHA, S.B. 1995. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro, RJ. Bertrand Brasil, 2^a ed., 472p.

HOOKE, J.M. 1977. The distribution and nature of changes in river channel patterns: the examples of Devon. In: Gregory, K.J., ed. - **River Channel Changes.** Chichester, John Wiley & Sons. p. 265-280.

HOOKE, J.M. 1979. An analysis of the processes of river bank erosion. **Journal of Hydrology,** 42: p. 39-62.

ITAIPU BINACIONAL., 1990. **Estudo sobre carga suspensa na bacia do Paraná no período de 1986-1988.** 2v. (Relatório interno; s/n). (inédito).

KNIGHTON, A .D. 1973. Riverbank erosion in relation to streamflow conditions, River Bollin-Dean, Cheshire. **East Midland Geographer,** 5: p. 416-426.

LEEDER, M.R., 1982. River Plain. In: **Sedimentology, Products and Process.** Cap. 15. John Wiley & Sons.

LEOPOLD, L.B. 1973. River channel with time: An example. **Geological Society of American Bulletin,** v. 84, p. 1845-1860.

ROCHA, P.C. 1995. **Erosão marginal em canais associados ao rio Paraná na região de Porto Rico - PR.** Universidade Estadual de Maringá, UEM, dissertação de mestrado, Maringá PR, 32p. (inédito)

SCHUMM, S.A. & LICHTY, R.W. 1963. Channel widening and floodplain construction along Cimarron River in Southwestern Kansas. **U.S. Geological Survey, Prof. Paper,** 352-D: p. 71-88.

STEVAUX, J.C., 1993. **O rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação, e evolução quaternária do seu curso superior (região de Porto Rico, PR).** São Paulo: USP. Instituto de Geociências. Universidade

de São Paulo. (Tese de doutorado) 242p. (inédito)

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

SOUZA-FILHO, E. E., 1993. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guáira (PR)**. Instituto de Geociências., USP, tese de doutorado, São Paulo, SP, 214 pp. (inédito).

SOUZA-FILHO, E. E. 1994. Feições do sistema anastomosado pré atual do rio Paraná. XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, **Anais**. Camburiú, v.2:407-409.

THORNE C.S & TOVEY, N.K., 1981. Stability of composite rivers banks. **Earth Surface Processes and Landforms**, 6. 469-484.

WOLMAN M.G. 1959. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. **American Journal Science.**, 257: p 204-216.

4 CONCLUSÃO FINAL

A avaliação da evolução morfológica do arquipélago Floresta/Japonesa no alto rio Paraná, demonstrou que o conjunto insular teve domínio de processos deposicionais no intervalo entre 1952 e 1970 e de processos erosivos entre esta última data e 1996, resultado semelhante aos obtidos anteriormente para as ilhas Carioca, Mutum e Porto Rico por (Fernandez, 1990; Fernandez & Souza Filho, 1995; Souza Filho & Correa, 1999). O domínio dos processos erosivos pode estar relacionado ao aumento da descarga verificado a partir da década de 1970, mas não pode se descartar o efeito da cheia ocorrida em 1982/1983, a maior já registrada no rio.

A comparação entre as áreas das ilhas ao longo do tempo demonstrou também que mesmo sob o domínio da deposição, havia locais em que os processos erosivos eram dominantes e da mesma forma, sob condições de domínio de erosão, havia locais em que a sedimentação predominava. Além disso, os locais deposicionais, erosivos ou de estabilidade variaram ao longo do tempo. A variação espacial e temporal das áreas de domínio de um ou de outro processo pode ser atribuída à variação da velocidade de fluxo junto à margem.

No rio Paraná, a velocidade de fluxo junto à margem é controlada pela posição do talvegue do canal, e esta é controlada pela posição das formas de leito. Uma vez que as formas de leito se movimentam, a posição do talvegue também muda fazendo com que a velocidade responsável pela erosão ou deposição se modifique ao longo do tempo. Tal explicação foi a adotada por Souza Filho e Fernandez (1995) para explicar as mudanças verificadas nas ilhas Carioca.

A progradação das margens ocorre por meio da anexação de barras fluviais, que se aproximam da parte frontal ou lateral das margens ou assoreiam canais secundários e, sob baixas velocidades de fluxo, tornam-se temporariamente estáveis, permitindo o crescimento de vegetação. Os processos erosivos afetam tanto as ilhas com substrato argiloso (recortes da antiga planície fluvial) ou arenoso (barras vegetadas). Contudo, os depósitos argilosos não são repostos e a porção argilosa vai perdendo espaço ao longo do tempo, dentro do processo de ajuste fluvial descrito por Souza Filho et al. (2001).

O monitoramento da erosão marginal no período entre 1999 e 2001 confirmou que a velocidade de fluxo é a principal responsável pela taxa de erosão marginal e que as margens com maior proporção de areia são mais propícias à erosão, como já proposto por Rocha & Souza Filho (1996). Além disso, a velocidade de fluxo junto às margens não depende apenas da descarga fluvial, mas sim da posição relativa do talvegue, confirmando assim o que foi postulado por Souza Filho & Fernandez (1995).

A dupla abordagem realizada neste trabalho demonstrou que a dinâmica fluvial existente antes da barragem de Porto Primavera continua ativa, ou continuava até 2001. As taxas de erosão são semelhantes às anteriormente existentes e os controles continuam os mesmos. Contudo, não se pode descartar a possibilidade de que o novo ajuste fluvial venha a modificar tal quadro. Por essa razão recomenda-se o monitoramento dos processos erosivos e deposicionais a longo prazo.