

AValiação DOS PROCESSOS DE EROSÃO MARGINAL NO ARQUIPÉLAGO FLORESTA JAPONESA (ALTO RIO PARANÁ)

Geraldo Terceiro Correa¹
Edvard Elias de Souza Filho²

RESUMO

Este trabalho pretende contribuir para o entendimento da dinâmica fluvial em rio de grande porte. O sistema multicanal do rio Paraná na região de Porto Rico/PR compreende além do arquipélago Floresta Japonesa dois outros grandes conjuntos; o Carioca e o Mutum Porto Rico. Estudos sobre erosão marginal vêm sendo sistematicamente avaliados desde a década de noventa do século passado nesta região. O período de avaliação englobou o hiato de 1999 à 2001 o que corresponde a dois ciclos hidrológico (vazante/cheia - vazante/cheia). A intensidade dos processos erosivos nas margens do arquipélago Floresta Japonesa foi estudada em 19 pontos amostrais, através do método de pinos e perfilagens sucessivas. Os dados obtidos evidenciaram que a velocidade de fluxo e a composição mecânica das margens foram os agentes que contribuíram para as maiores taxas erosivas.

Palavras-chave: Rio Paraná; Arquipélago; Erosão; Deposição fluvial.

EVALUATION OF THE PROCESSES OF MARGINAL EROSION IN THE ARCHIPELAGO JAPANESE FOREST (HIGH RIO PARANÁ)

ABSTRACT

This a paper intends to contribute to the understanding of the fluvial dynamic in a river of big carriage. The multichannel system of the Paraná river, in the region of Porto Rico/PR, includes beyond the Floresta Japonesa archipelago, two others large conjuncts: the Carioca and Mutum-Porto Rico. Studies about bank erosion have been systematically evaluated in the region since the decade of 90. In this analysis, the evaluation period englobes the period 1999 to 2001 corresponding to two hydrologic cycles (low-flow/overflow-overflow-low-flow). The intensity of erosive processes in the margins of the Floresta Japonesa archipelago was studied in 19 points by the method of pines and profile measurements. The data obtained showed that the flux velocity and the mechanic composition of the margins were the agents that contribute to major erosive rates.

Keywords: Paraná river; Archipelago Floresta Japonesa; Erosion bank.

¹ Professor Doutor do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina. E-mail gtcorrea@uel.br

² Professor Doutor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá. E-mail edvardmarilia@wnet.com.br

INTRODUÇÃO

A dinâmica e as formas topográficas resultantes da ação fluvial têm despertado interesses 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 ao esculpimento 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 1970 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 1970, 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 que vem ocorrendo desde o Pleistoceno, imaginamos que estas demandam longo período de tempo. Contudo, certos processos geomórficos são mais rápidos do que se imagina.

Dentre os diversos processos de importância geomórfica, a erosão marginal desponta como um dos mais dinâmicos 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, revelam-se necessários para a compreensão e temporização dos eventos nos quais estão envolvidos, através de parâmetros quantificáveis.

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 presente estudo abrange a identificação e quantificação dos processos erosivos, em 19 pontos amostrais, durante dois períodos hidrológicos (vazante-cheia-vazante-cheia). Dentre a grande variabilidade 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.

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 1) 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).

A descarga média na estação fluviométrica de Porto São José, estação mais próxima da área de estudo, foi de 8.908 m³/s para o período de 1964 a 1994. A cheia de

maior magnitude apresentou 33.740 m³/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 variam durante o ano, mas o pico de maior concentração de sólidos em suspensão ocorre 30 dias após a onda de cheia.

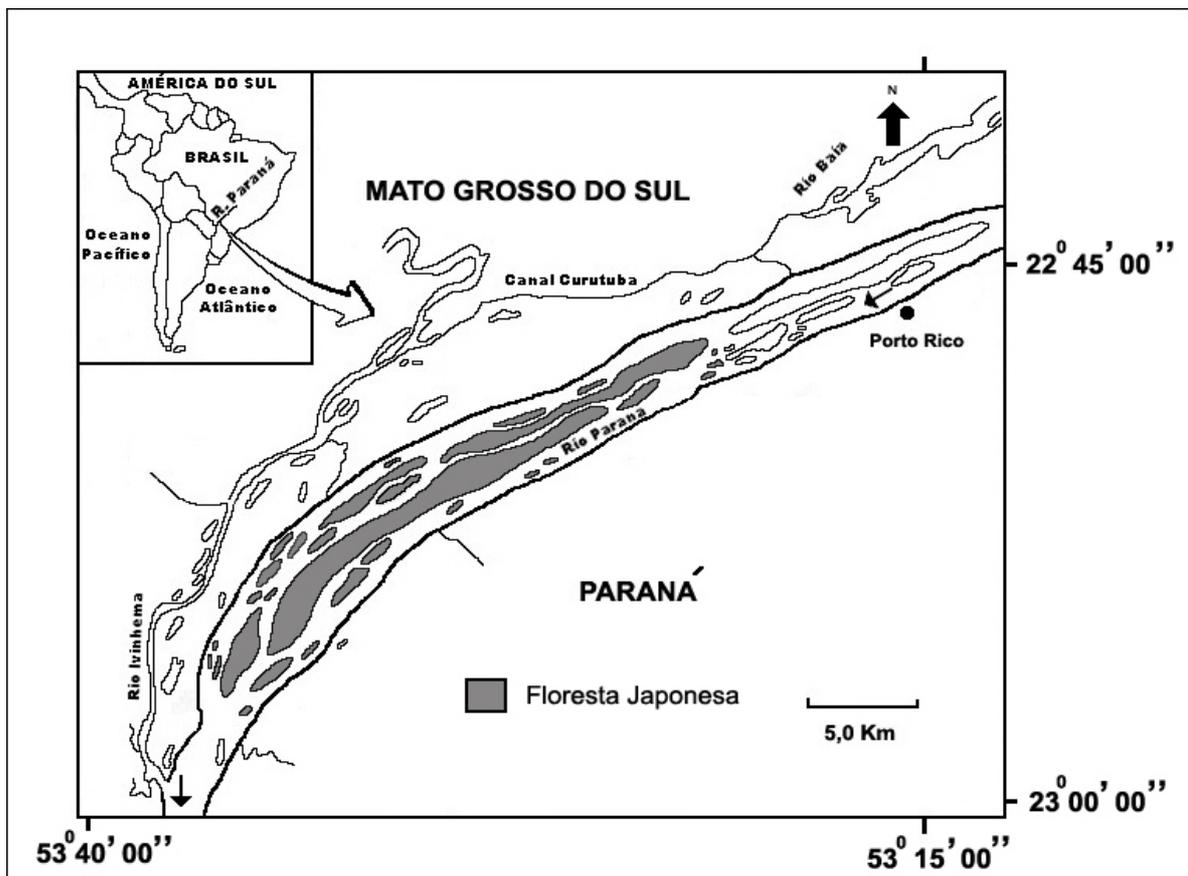


Figura 1 - Localização da área de estudo.

METODOLOGIA

Os métodos clássicos na literatura referentes a estudos das mudanças nos canais fluviais, resumem-se basicamente a 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 C¹⁴).

No presente estudo, a quantificação da erosão marginal foi realizada por meio 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 3,0m 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 Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (NUPÉLIA) da Universidade Estadual de Maringá, localizado a montante da área de estudo.

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

RESULTADOS

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

O agrupamento das margens

As margens analisadas apresentaram diferentes geometrias e composição granulométricas, o que dificultou a categorização por agrupamento acerca destas variáveis. A Figura 2 mostra o agrupamento de acordo com os teores de areia e a Tabela 1 sumariza a totalização dos constituintes mecânicos e a evolução dos perfis das margens pode ser acompanhada nas figuras 3, 4 e 5.

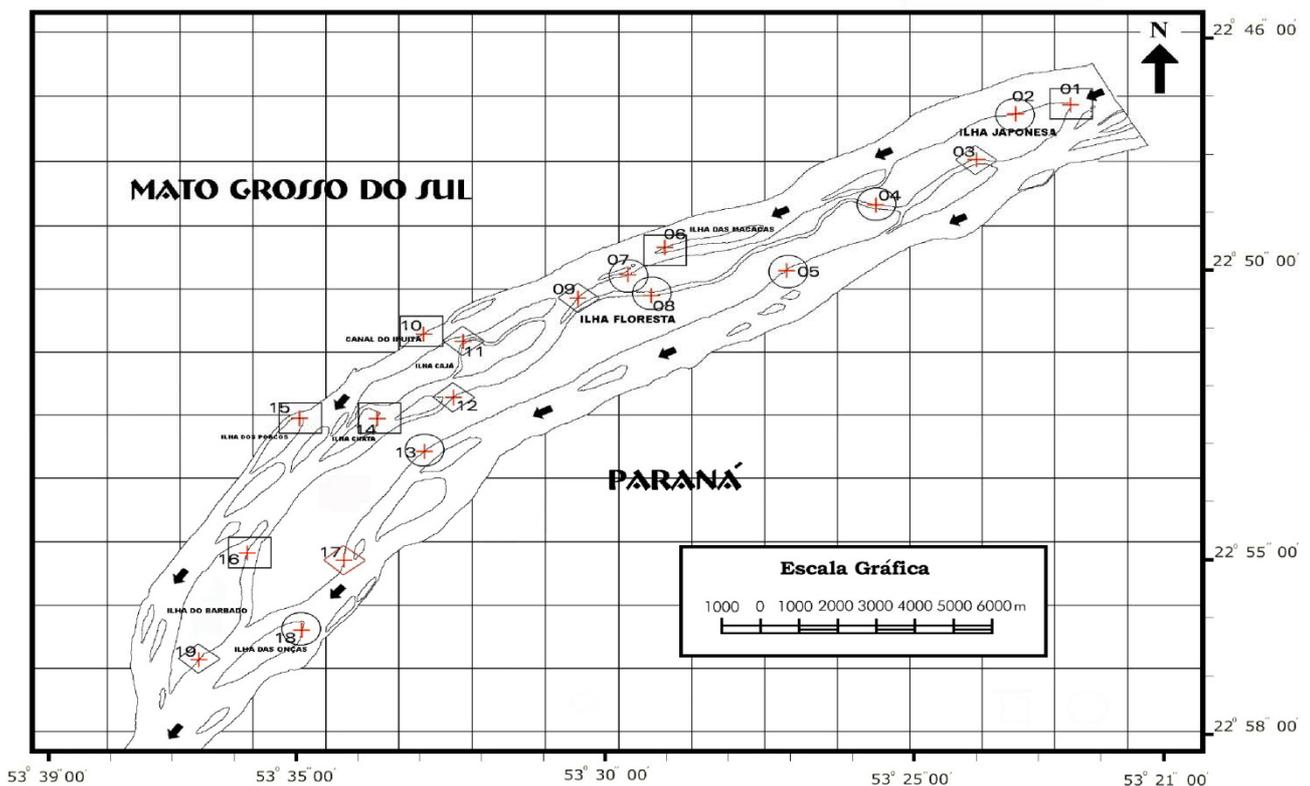


Figura 2. Localização dos pontos amostrais com seus respectivos teores de areias. Margem do tipo I com teor de areia acima de 30%; Margem do tipo II com teor de areia entre 10 e 25% e Margem do tipo III com teor de areia abaixo de 10%.

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-

06-10-14-15 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 evolução dos perfis das margens podem serem acompanhados nas figuras 4, 5 e 6. 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 1. Frações médias da composição granulométrica dos três diferentes 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

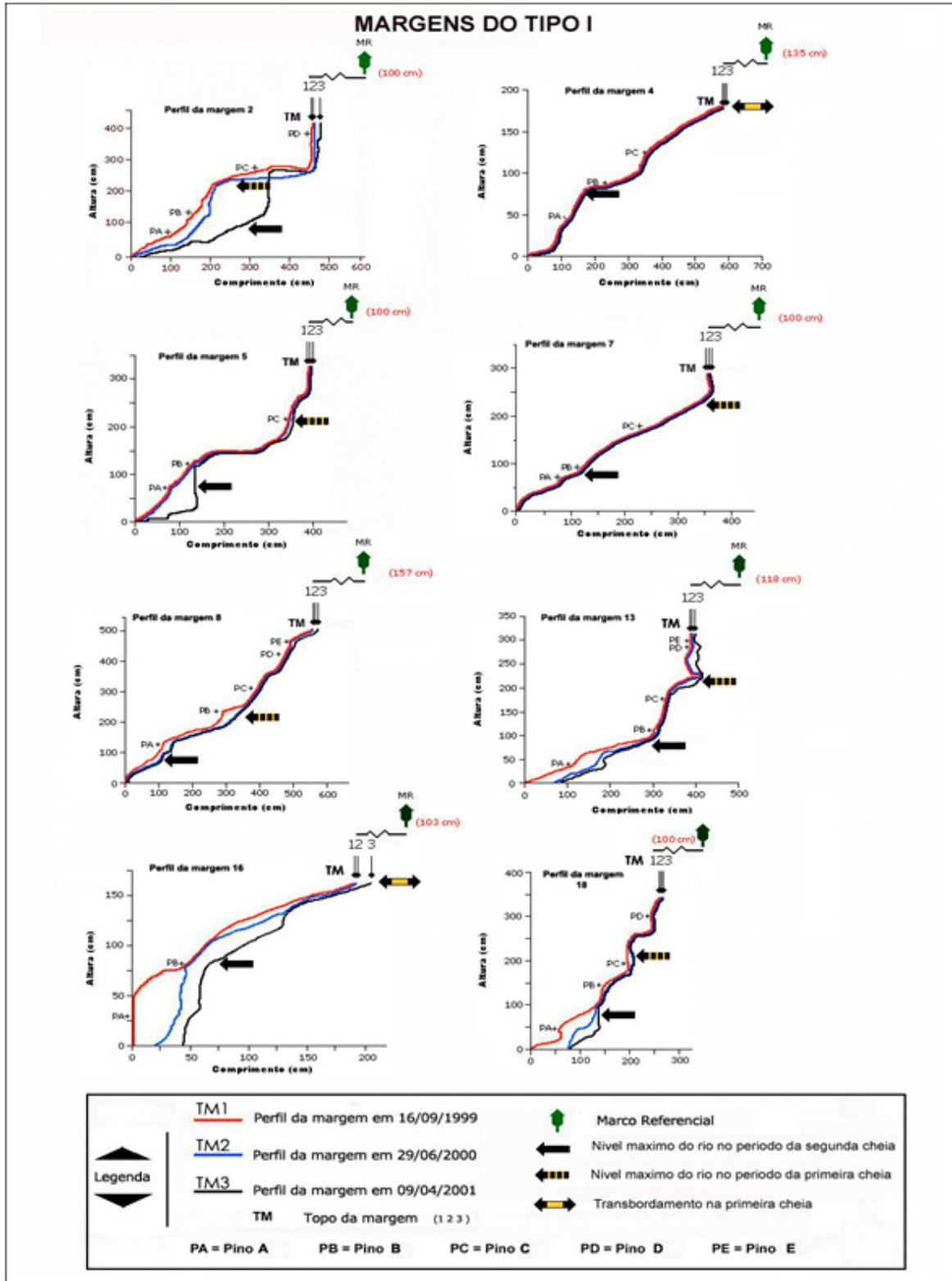


Figura 3 - Evolução das margens do tipo I nos períodos de 16/09/1999 a 29/06/2000 e de 29/06/2000 a 09/04/2001.

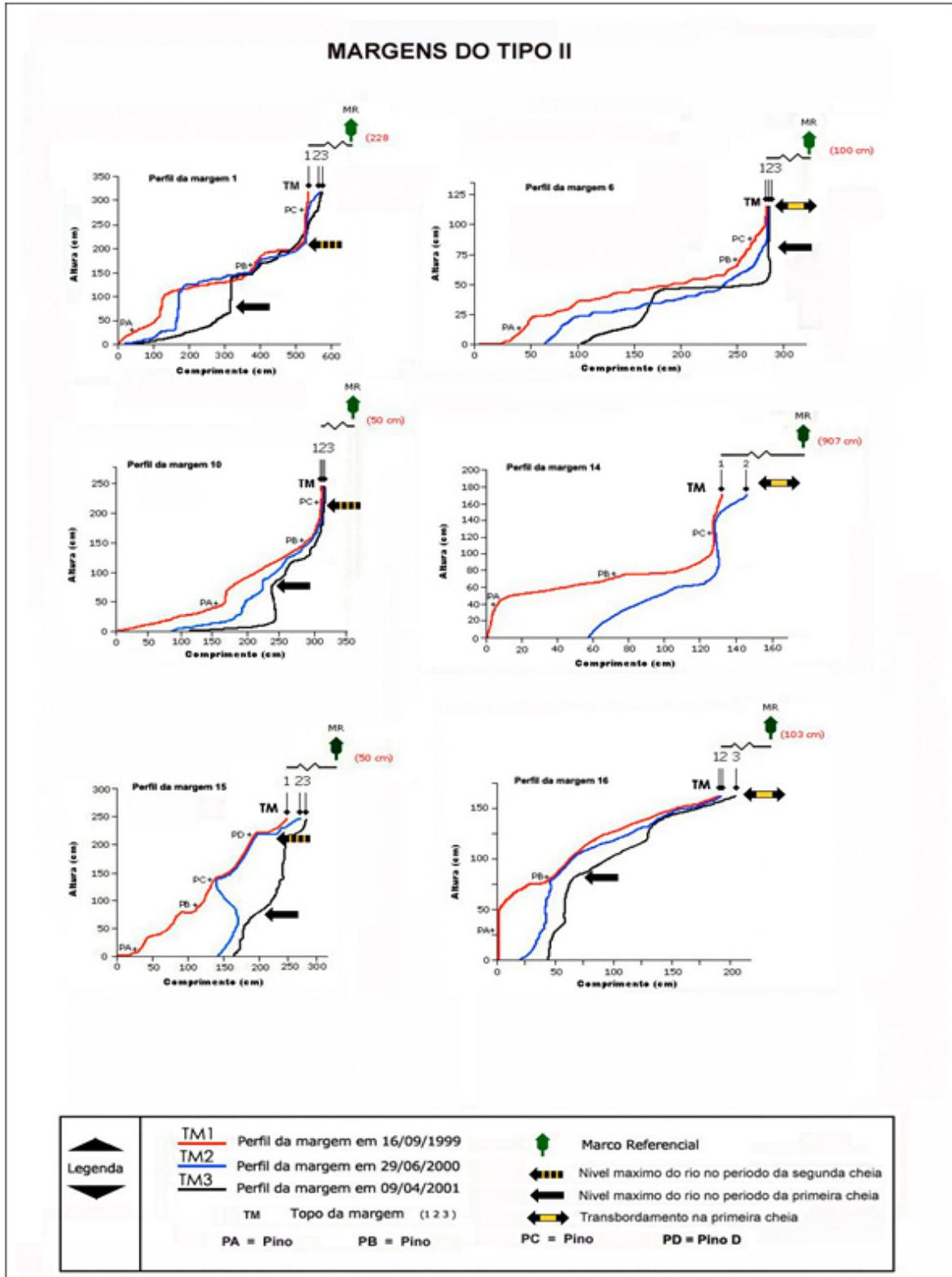


Figura 4 - Evolução das margens do tipo II nos períodos de 16/09/1999 a 29/06/2000 e de 29/06/2000 a 09/04/2001.

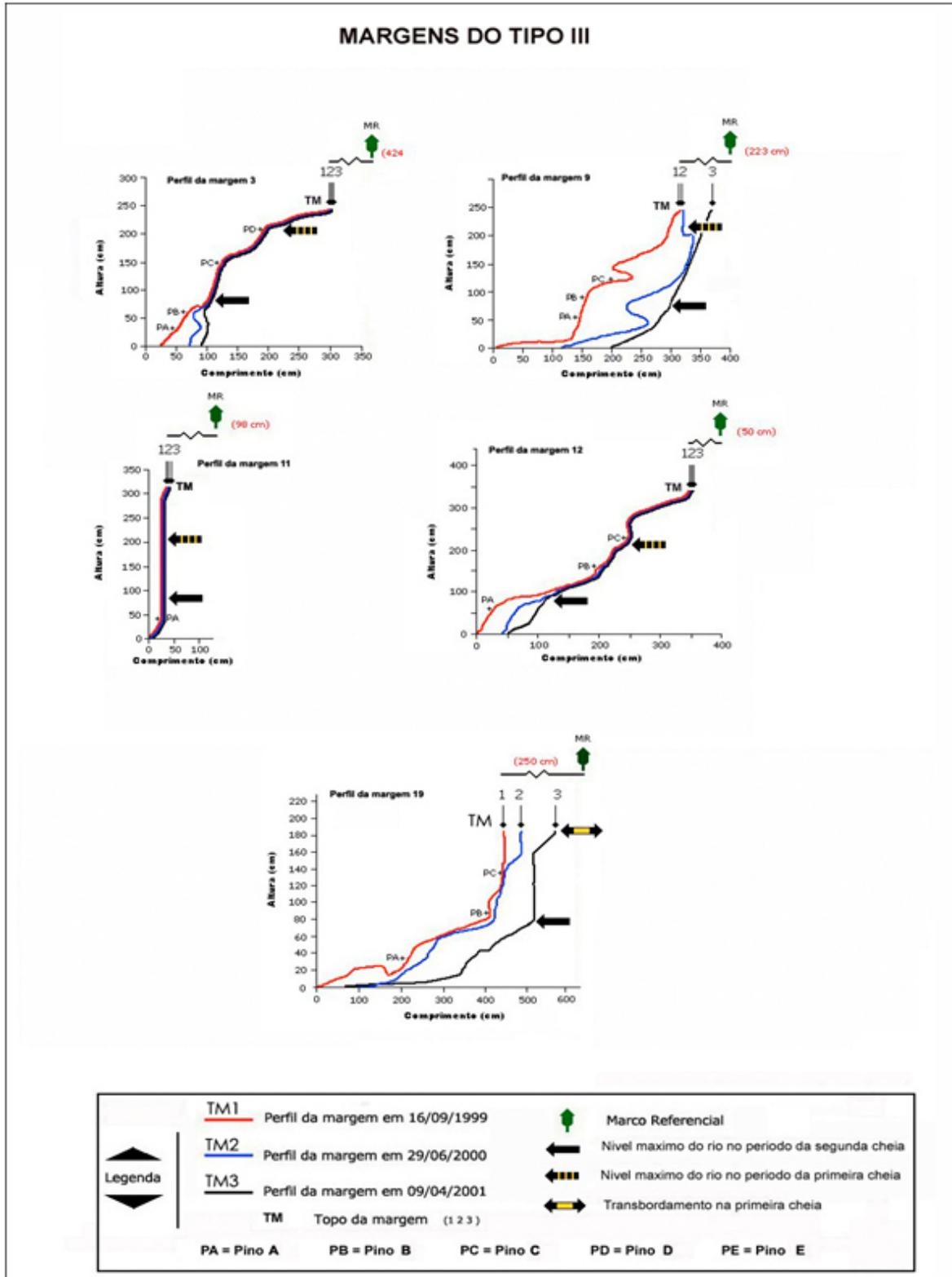


Figura 5 - Evolução das margens do tipo III nos períodos de 16/09/1999 a 29/06/2000 e de 29/06/2000 a 09/04/2001.

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 2. 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 297,6cm 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 69,8cm 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 2. Erosão média mensal (cm) dos três tipos de margens, ocorrida nos dois períodos de análises.

Margens do Tipo I									
<u>Período</u>	<u>Pontos</u>								
	02	04	05	07	08	13	16	18	Total
1 ^o	40,1	0,7	0,9	0,0	7,8	8,6	4,7	7,0	69,8
2 ^o	49,1	2,0	6,6	0,0	2,7	4,1	4,2	5,0	102,7
Total	89,2	2,7	7,5	0,0	10,5	12,7	8,9	12,0	172,5

Margens do Tipo II							
<u>Período</u>	<u>Pontos</u>						
	01	06	10	14	15	17	Total
1 ^o	14,1	7,2	4,5	*103,0	21,0	23,0	172,8
2 ^o	11,0	8,1	5,8	-	21,9	36,0	82,8
Total	25,1	15,3	10,3	*103,0	42,9	59,0	255,6

Margens do Tipo III						
<u>Períodos</u>	<u>Pontos</u>					
	03	09	11	12	19	Total
1 ^o	6,7	33,2	0,0	5,0	10,1	55,0
2 ^o	2,7	14,7	0,0	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, percebem-se quando descartado o ponto 14, que o segundo período apresentou maior efetividade erosiva com 82,9cm/mês, contra 69,8/mês 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.

A variação de nível e a velocidade de fluxo

Com relação a variação de nível da água, os dois períodos apresentaram magnitudes distintas, como demonstra a tabela 3 e figura 6. 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 3. 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

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

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 3, 4 e 5.

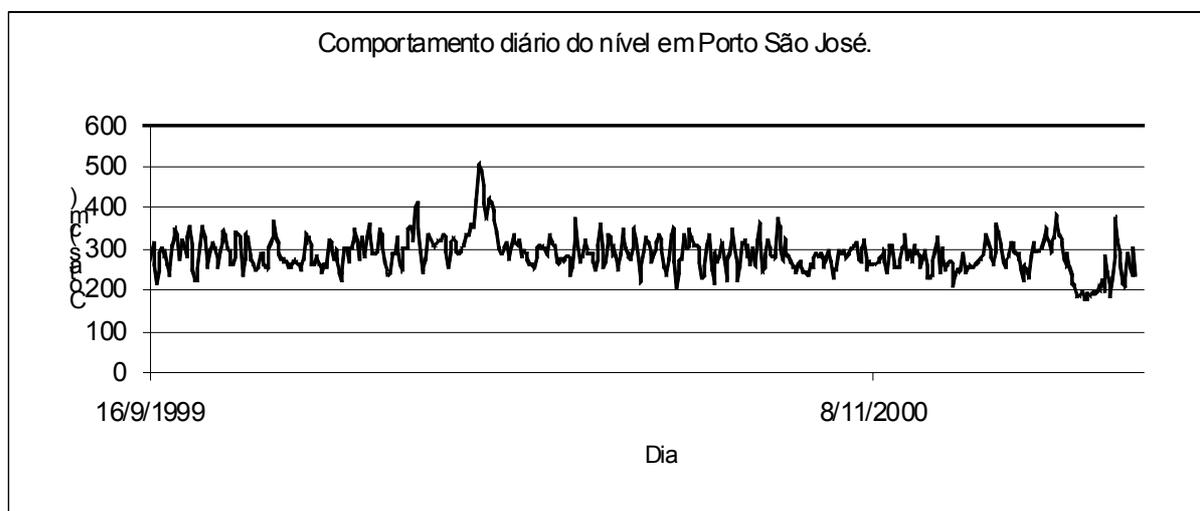


Figura 6 - Variação hidrométrica no período de 19/09/1999 a 09/04/2001.

As velocidades das correntes variaram ao longo do experimento e os maiores valores registraram-se no primeiro período, como mostra a tabela 4. 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 4. Valores médios (m/s) da velocidade de fluxo ocorridos nos pontos, em suas respectivas margens e períodos.

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

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

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

(*) Valor mínimo

DISCUSSÃO

Os processos erosivos atuaram diretamente na morfologia das margens. Das 19 margens monitoradas, observou-se que 17 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 associado ao impacto das partículas carregadas pelas águas Cristofoletti (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 estão submetida as principais linhas de fluxo e que a potencialização desse 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 os pontos amostrados, à exceção dos pontos 07 e 11, que se encontram localizados em canais secundários (Figura 2) e sob baixa velocidade de fluxo (Tabela.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 atribuída por inúmeros pesquisadores, como WOLMAN (1959), HOOKE (1980), FERNANDEZ (1990), FERNANDEZ; FÚLFARO (1993); 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 neste trabalho permitem-nos afirmar que a velocidade média de fluxo é a principal variável atuante na erosão marginal (Tabela 4), 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 influenciou 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 2.

A relação positiva entre débito e taxa de erosão foi discutida por Rocha et. al., (2001), 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 7, esta afirmação pode suscitar dúvidas, que mostra valores decrescentes de erosão no período de 15/04/1999 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.

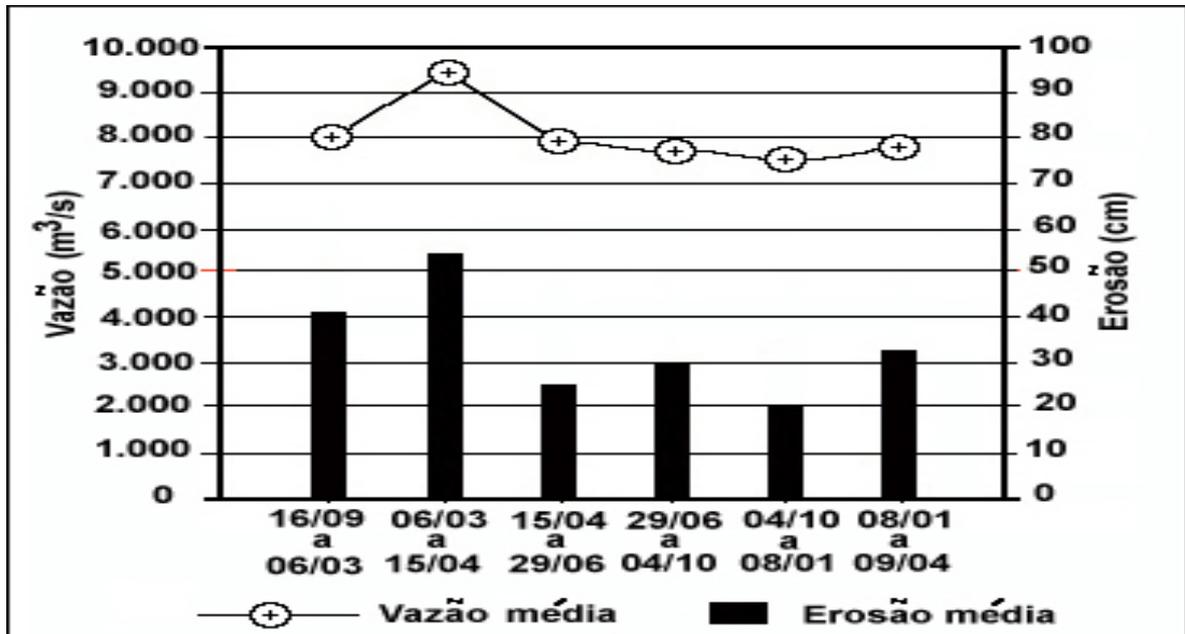


Figura 7 - Valores de erosão média mensal e vazão média diária em cada período amostragem do arquipélago das Ilhas Floresta Japonesa.

A observação da figura 7 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 8. A velocidade de fluxo demonstrou seguramente ser responsável pelas atividades erosivas e a percentagem de silte-argila pouco influenciou 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 os resultados não condizentes com a velocidade de fluxo.

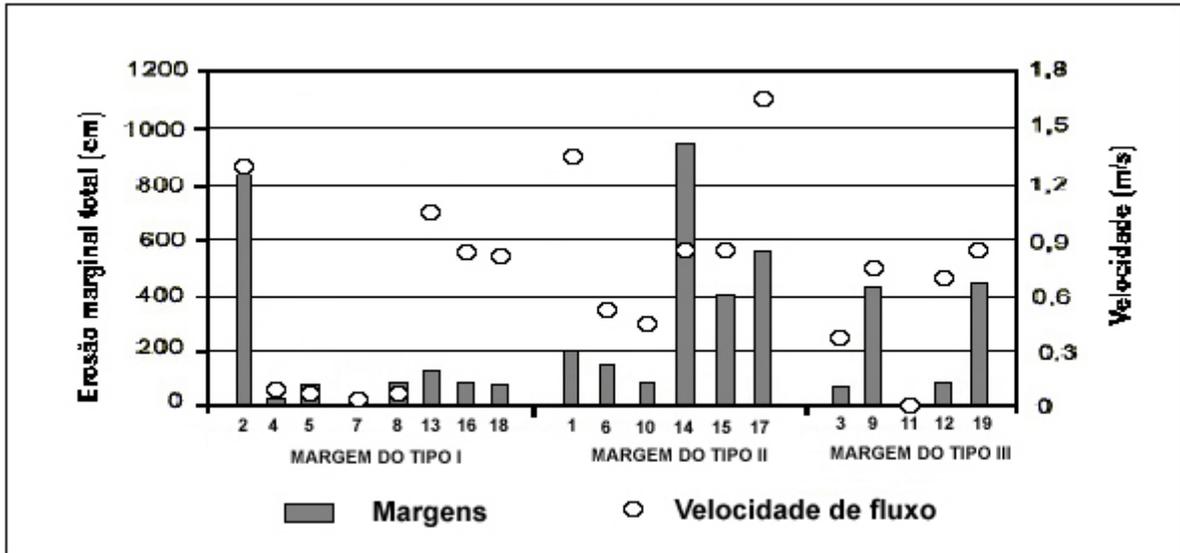


Figura 8. Erosão marginal total com as respectivas médias de velocidade de fluxo ocorridas nas respectivas margens.

A considerável variabilidade quanto às taxas de erosão local apresentada nos três conjuntos de margens, permite-nos reclassificá-las em cinco classes, de acordo com os índices registrados (Figura 9). 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).

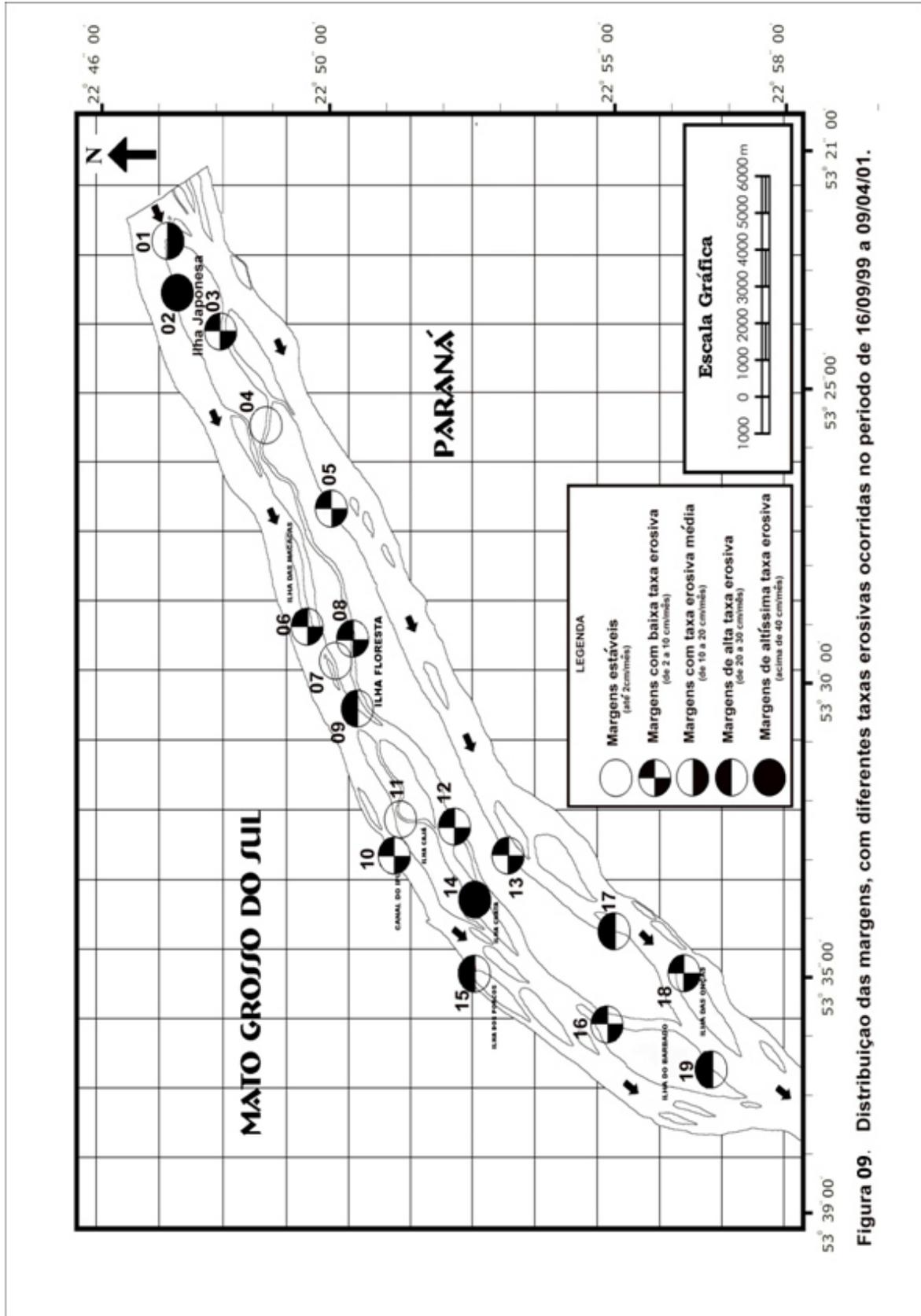


Figura 09. Distribuição das margens, com diferentes taxas erosivas ocorridas no período de 16/09/99 a 09/04/01.

CONCLUSÃO

A velocidade de fluxo participou efetivamente dos processos erosivos nas margens monitoradas, corroborando com os dados de Fernandez (1990). O segundo ciclo hidrológico mostrou-se mais erosivo, ocasião em que a vazão do rio Paraná apresentou a sua maior cota hidrométrica. As margens com a fração granulométrica argilo-siltosa correspondente as margens dos tipos II e III apresentariam maior resistência aos processos erosivos, contudo, observou-se maiores valores do que as do tipo I (areno argilosa).

O principal processo erosivo é decorrente dos desmoronamentos, principalmente depois da primeira cheia. No segundo período, o rio Paraná apresentou a menor vazão dos últimos dez anos e os processos erosivos instalados neste período de águas baixas, foi o de corrosão em baixa escala.

Dentro de um escopo maior, pode-se concluir que a variação sazonal e a irregularidade do ciclo hidrológico ao longo deste período de análise, impediram a maior eficiência do trabalho erosivo das margens monitoradas, já que o nível fluviométrico e a consequente velocidade de fluxo exercem controles efetivo na erosão marginal.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A. ; ZALEWSKI, M. **A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação**. Maringá - PR; EDUEM, 1996. 100 p.
- CRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo, SP. Edgard Blücher Brasil, 1981. 313p.
- FERNANDEZ, O. V. Q. **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). 1990. 86 p. (inédito).
- FERNANDEZ, O. V. Q.; FÚLFARO, V. J. Magnitudes e processos de erosão marginal no rio Paraná, trecho de Porto Rico - PR. **Geografia**. Rio Claro, SP. 1993. n.18 (1):97-114.
- GRAF, W.L. Channel instability in a braided, sand bed river. **Water Resources Research**. 1981. vol. 17. p: 1087-1094.
- GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, RJ. Bertrand Brasil, 2ª ed. 1995. 472p.
- HOOKE, J. M. 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. 1977. p: 265-280.
- HOOKE, J.M. An analysis of the processes of river bank erosion. **Journal of Hydrology**, 1979. n:42: p. 39-62.
- ITAIPIU BINACIONAL. **Estudo sobre carga suspensa na bacia do Paraná no período de 1986-1988**. 2v. (Relatório interno; s/n). (inédito). 1990.
- KNIGHTON, A. D. Riverbank erosion in relation to streamflow conditions, River Bollin-Dean, Cheshire. **East Midland Geographer**. 1973. v: 5 p. 416-426.

- LEEDER, M. R. River Plain. In: **Sedimentology, Products and Process**. Cap. 15. John Wiley; Sons. 1982.
- LEOPOLD, L.B. River channel with time: An example. **Geological Society of American Bulletin**. 1973. Vol. 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, (inédito). 1995. 32p.
- ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E.; COMUNELLO, E.; CORREA, G. T. Evolução Hidrodinâmica e Processos Erosivos Marginais nos Canais do Sistema de Inundação do Alto Rio Paraná, Região Centro-Sul do Brasil.. Pesquisas em Geociências (UFRGS), Porto Alegre-RS. 2001. v. 28, n. 2, p. 161-170,
- SCHUMM, S. A.; LICHTY, R.W. Channel widening and floodplain construction along Cimarron River in Southwestern Kansas. **U.S. Geological Survey, Prof. Paper**. 1963. 352-D: p. 71-88
- STEVAUX, J. C. **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) (inédito). 1993. 242p.
- SOUZA-FILHO, E. E. ; FERNANDEZ, O. V. Q. Efeitos do regime hidrológico sobre a evolução de um conjunto de ilhas no rio Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.43, 1995. P: 161-171.
- SOUZA-FILHO, E. E. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. Instituto de Geociências. USP (Tese de Doutorado), São Paulo, SP, (inédito).1993. 214 p.
- SOUZA-FILHO, E. E. Feições do sistema anastomosado pré atual do rio Paraná. XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, **Anais**. Comburui SC. 1994. v.2 p: 407-409.
- THORNE C. S.; TOVEY, N. K. Stability of composite rivers banks. **Earth Surface Processes and Landforms**. 1981. v: 6. p. 469-484.
- WOLMAN M.G. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. **American Journal Science**. 1959. n, 257: p 204-216.