



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbcs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

CASADO, A. P. B.; HOLANDA, F. S. R.; ARAÚJO FILHO, F. A. G.; YAGUIU, P.
EVOLUÇÃO DO PROCESSO EROSIVO NA MARGEM DIREITA DO RIO SÃO FRANCISCO
(PERÍMETRO IRRIGADO COTINGUIBA/PINDOBA - SE)

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 26, núm. 1, 2002, pp. 231-239

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180217643025>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

EVOLUÇÃO DO PROCESSO EROSIVO NA MARGEM DIREITA DO RIO SÃO FRANCISCO (PERÍMETRO IRRIGADO COTINGUIBA/PINDOBA - SE)⁽¹⁾

**A. P. B. CASADO⁽²⁾, F. S. R. HOLANDA⁽³⁾,
F. A. G. ARAÚJO FILHO⁽⁴⁾ & P. YAGUIU⁽⁴⁾**

RESUMO

A erosão das margens de um rio causa a destruição das áreas ribeirinhas, contribui para a degradação de grandes áreas e produz efeitos catastróficos para o ambiente, ocorrendo a ruptura do equilíbrio ambiental. Este trabalho teve como objetivo quantificar as taxas de recuo da margem direita do rio São Francisco em três seções localizadas no Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba - Baixo São Francisco Sergipano - no período de fevereiro de 1999 a julho de 2000 e estudar as possíveis causas do processo. Para quantificar as taxas erosivas, foram utilizados os métodos dos pinos e das estacas e para descrever o processo erosivo foi utilizado o método das perfilagens sucessivas. As taxas anuais de erosão (recuo da margem), obtidas nas três seções da margem estudada, foram de 8,30 m na seção A; 47,30 m na seção B e 4,45 m na seção C. A variação das taxas de erosão foi influenciada, principalmente, pela composição granulométrica das camadas que compõem a face da margem e altura do barranco, como também pela associação dos dados climáticos e hidrológicos - velocidade do vento, amplitude mensal da cota, cota máxima mensal e velocidade do fluxo próxima à margem.

Termos de indexação: erosão marginal, degradação ambiental, impacto ambiental.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em dezembro de 2000 e aprovado em agosto de 2001.

⁽²⁾ Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe – UFS. Alameda A, 155/1102, Ed. Cactus, CEP 49025-000 Aracajú (SE). E-mail: apbcasado@bol.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Engenharia Agrônoma, UFS. E-mail: fholanda@infonet.com.br

⁽⁴⁾ Graduando em Engenharia Agrônoma, UFS. Bolsista do PIBIC.

SUMMARY: *BANK EROSION EVOLUTION IN SÃO FRANCISCO RIVER (COTINGUIBA/PINDOBA - SE) IRRIGATED AREA*

Bank erosion causes destruction of the area near the river, contributes to the degradation of large areas and causes catastrophic effects on the environment as well as a rupture of the environmental balance. This research was developed to quantify bank erosion rates, from February 1999 to July 2000 and to study the possible causes of the process. For the San Francisco River the pins and pegs methods were used to measure the erosive rate, with the successive profiling being used to describe the erosive process. The annual rates of bank erosion obtained in the three sections were 8.30 m (section A); 47.30 m (section B) and 4.45 m (section C). As for erosion variation, the association of climatic and hydrological data - wind speed, monthly amplitude quota, maximum monthly quota and the speed flux near the edge - were the factors that most influenced the erosive process. Erosion variation was also influenced by the soil texture, forming the edge and height of the palisade.

Index terms: bank erosion, environmental degradation, environmental impact.

INTRODUÇÃO

A erosão marginal, ou erosão das margens de um rio, como componente da erosão fluvial, é aquela que destrói as margens dos rios, desempenhando importante papel no aumento da largura do canal. Este tipo de erosão contribui significativamente no incremento da carga de fundo dos rios e provoca destruição progressiva da área marginal, desvalorizando os terrenos ribeirinhos e limitando o seu uso adequado (Thorne e Tovey, 1981). A ocorrência desse processo, segundo Fernandez (1990), é devida à remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (correntes, ondas) ou pela precipitação pluviométrica. A denominação de barranco é usada em quase todo o Brasil para as margens de um rio que apresentam certa altura. Essa faixa de terras emersas ou firmes junto às águas de um rio - várzeas - é parte integrante do vale fluvial, e as pequenas formas de relevo geradas por processos geomórficos atuais nas margens enquadram-se no sexto taxon da classificação de Ross (1992).

Segundo Hooke (1979), a evolução do processo de erosão marginal é rápida, comparada à de outros processos geomorfológicos. Isso acentua a importância do estudo na interpretação da mudança da paisagem, bem como o conhecimento das taxas de erosão marginal, que são de grande valor na investigação dos efeitos das atividades humanas na mudança da forma do canal e uma predição, em pouco tempo, da erosão e o planejamento para o seu controle. Além disso, de acordo com Casado (2000), a quantificação do processo erosivo constitui uma

ferramenta indispensável à realização de um diagnóstico de problemas ambientais, além de servir de subsídio para a elaboração de políticas que visem resolver ou mesmo minimizar tais problemas.

De acordo com Fernandez (1995), a atuação dos principais agentes erosivos que comandam a erosão marginal ainda gera dúvidas. As diferentes conclusões a que vários cientistas chegaram a respeito dos fatores que controlam a erosão marginal são decorrentes das diversas condições pedológicas, hidrológicas e climáticas das áreas estudadas.

Segundo Hooke (1980, p.143), existem três principais fontes de informações utilizadas no estudo da velocidade de recuo das margens fluviais:

“(...) medições diretas no campo (Wolman, 1959; Twidale, 1964; Knighton, 1973) para um período de um a 10 anos; comparação de mapas antigos e fotografias aéreas em diferentes datas (Carey, 1969; Lewin, 1972; Mosley, 1975) para um período de 10 a 200 anos; e a utilização de evidências biológicas e sedimentares datáveis (Everitt, 1968; Hickin & Nanson, 1975) para um período de 30 a 500 anos.”

Dentre os métodos de quantificação da erosão marginal, usando medições diretas no campo, destacam-se o método dos pinos e o método das estacas.

Os objetivos deste trabalho foram quantificar as taxas de recuo da margem direita do rio São Francisco, no trecho que compreende o Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba, no período de janeiro de 1999 a julho de 2000, e estudar as possíveis causas desse processo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende um trecho da margem direita do rio São Francisco, com extensão de 11 km, localizada na área do Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba, a aproximadamente 75 km da sua foz, que abrange terras dos municípios de Propriá, Neópolis e Japoatã no estado de Sergipe (Figura 1).

Geologicamente, a área estudada está situada na porção oeste da Bacia Sedimentar de Sergipe. Nesta região, o contato entre rochas sedimentares da Bacia e rochas plutônicas e metassedimentares da Faixa de Dobramentos dá-se ao longo da Falha de Propriá, de direção nordeste-sudoeste. Recobrimdo a unidade da Bacia Sedimentar, ocorrem formações superficiais, cenozóicas, constituídas pelos sedimentos continentais terciários do Grupo Barreiras e pelos sedimentos quaternários - pleistocênicos e holocênicos.

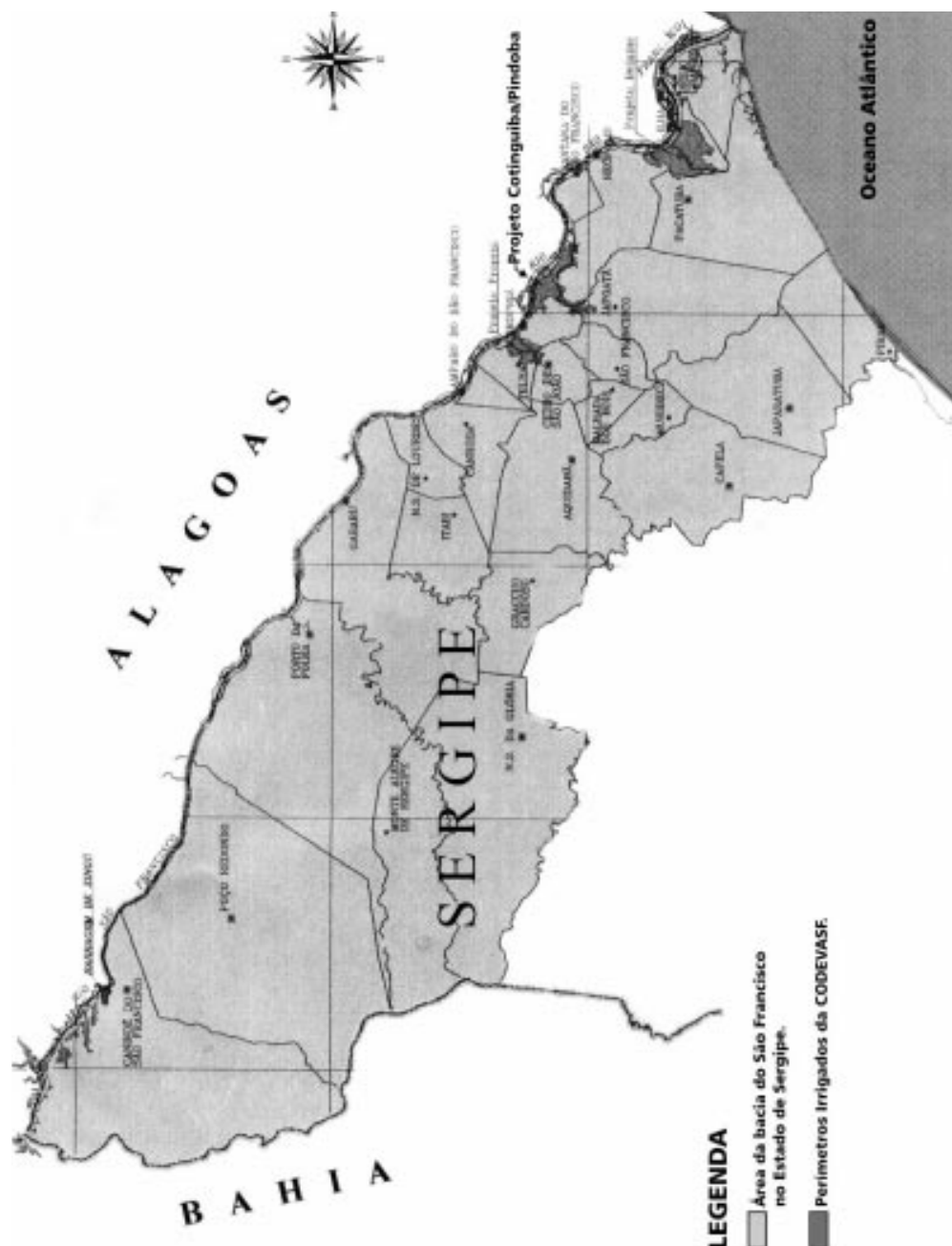


Figura 1. Localização do perímetro irrigado Cotinguiba/Pindoba.

As unidades estratigráficas que formam o substrato da área do Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba são: a Formação Serraria do Grupo Perucaba e as Formações Penedo e Barra de Itiúba do Grupo Coruripe, ambas do Cretácio Inferior.

Geomorfologicamente, a área de estudo localiza-se na planície fluvial do rio São Francisco, que compreende a faixa do vale composta por sedimentos aluviais que bordejam os cursos de água e periodicamente é inundada pelas águas de transbordamento (Fontes, 1999).

Segundo Holanda (2000), predominam na área os Neossolos Flúvicos. Esse tipo de solo desenvolve-se em planícies aluvionais, em depósitos recentes de origem fluvial. São solos que apresentam propriedades que podem variar consideravelmente a curta distância vertical e, ou, horizontal (Oliveira et al., 1992).

Em termos climáticos, predomina na região o clima quente do tipo semi-úmido, apresentando duas estações perfeitamente distintas: a estação úmida e relativamente fresca, entre os meses de março-abril e agosto-setembro, e a estação quente e relativamente seca, entre setembro-outubro e fevereiro-março. A maior concentração das chuvas ocorre no período dos meses de abril a agosto (cerca de 68% da chuva anual), e o período mais seco vai de setembro a março (Companhia de Desenvolvimento, 1998). As temperaturas médias mensais apresentam pouca diferença durante o ano, sendo o desvio entre o mês mais quente e o mês mais frio de cerca de 5°C (fevereiro 28,3°C, agosto 23,4°C). Os desvios entre as temperaturas máximas médias e mínimas médias mensais são mais sensíveis, chegando a valores de 7,5 a 10,7°C. A direção predominante dos ventos na região é sudeste (SE), segundo Agência (1988).

Método utilizado

Na margem direita do rio São Francisco, na faixa que compreende o Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba, foram selecionadas três áreas - seções A, B e C - onde foram instalados os ensaios para monitoramento do processo erosivo (Figura 2). Além das taxas de erosão mensal e anual, foram levantados e analisados a composição granulométrica, a coesão do material que compõe a margem, a altura do barranco, o volume de material erodido e os dados climáticos e hidrológicos da região.

Para quantificar as taxas erosivas em cada seção, foram utilizados os métodos dos pinos e das estacas. O método dos pinos, utilizado primeiramente por Wolman (1959), consiste na inserção de pinos metálicos na face da margem do rio, objetivando medir o valor da erosão através da superfície de exposição dos pinos (Figura 3). Foram utilizados pinos de aço com 1,0 m de comprimento e 6,0 mm de diâmetro, distribuídos em uma malha regular com espaçamento horizontal de aproximadamente 3,0 m e espaçamento vertical, variando de acordo com a

estratificação do perfil do solo da margem. Em cada seção monitorada, foram utilizados, portanto, 12 pinos. As especificações dos pinos utilizados seguiram as recomendações de Fernandez (1990) para o uso do método dos pinos e para o estudo do processo erosivo em rios tropicais.

Após cada coleta de dados, o pino exposto pela erosão era introduzido novamente no barranco, deixando-se a vista apenas 5,0 cm para facilitar sua localização. O intervalo entre as coletas de dados variou de 7 a 15 dias.

A magnitude da erosão após cada medição foi calculada mediante a seguinte fórmula, utilizada por Fernandez (1996):

$$Em = (L_1 - L_0)/t$$

em que "Em" é a magnitude da erosão (cm mês⁻¹), "L₁" é o comprimento do pino exposto pela erosão (cm), "L₀" é o comprimento do pino deixado exposto após cada levantamento (cm) e "t" é o tempo transcorrido em meses entre cada campanha de campo.

A erosão média calculada para cada seção monitorada, após cada medição, constituiu a resultante do somatório dos recuos registrados dividido pelo número total de pinos instalados.

O método das estacas (Hughes, 1977) consiste na colocação de estacas de madeira na superfície do barranco, sendo uma primeira linha de estacas enterradas a uma distância de 3,0 m e uma segunda linha a 6,0 m de distância da borda do barranco (Figura 3). Assim, o recuo é medido a partir das estacas com uma trena, e a taxa de erosão é calculada a partir da média do recuo de cada estaca.

Neste estudo, foram utilizadas quatro estacas em cada linha, ou seja, quatro estacas a 3,0 m da borda do barranco e mais quatro estacas a 6,0 m da borda. Por ser o barranco bastante verticalizado, propício a grandes desmoronamentos, este método foi utilizado para avaliar o recuo da margem como um todo, embora normalmente tal método permita a quantificação do recuo da borda ou topo do barranco.

O volume aproximado de material erodido para cada seção da margem estudada foi calculado pela seguinte fórmula (Fernandez, 1990):

$$Me = H \cdot Er \cdot Em$$

em que "Me" é o volume de material erodido (m³ ano⁻¹), "H" é a altura da margem (m), "Er" é a erosão média anual (m ano⁻¹) e "Em" é a extensão lateral instrumentada (m).

A altura e a geometria do barranco foram obtidas pelo método de campo das perfilagens sucessivas. O método das perfilagens sucessivas (Hudson, 1981) consiste no levantamento de perfis nas margens monitoradas, com o auxílio de duas réguas portáteis colocadas, no momento da medição, uma em posição horizontal e outra em posição vertical, para ilustrar a evolução progressiva de seus perfis (Figura 4).



Figura 2. Localização das seções instrumentadas.

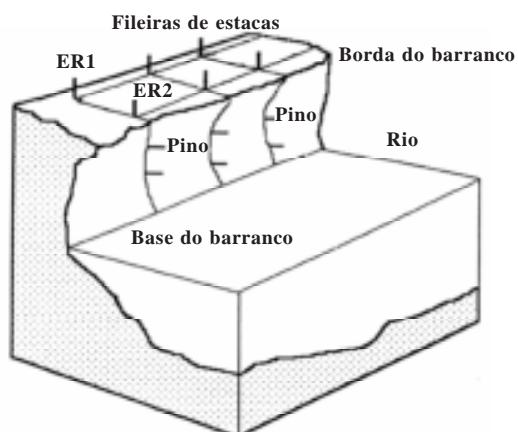


Figura 3. Representação esquemática do método dos pinos e das estacas. (Fonte: Fernandez, 1995, p.33, modificado).

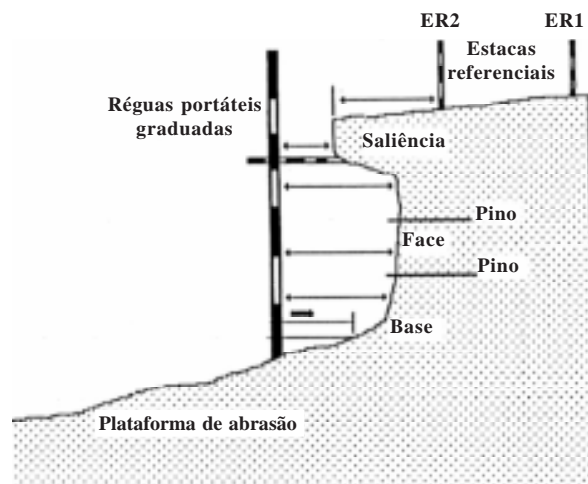


Figura 4. Representação esquemática do método das perfilagens sucessivas. (Fonte: Hudson, 1981, p.382, modificado).

As propriedades mecânicas do barranco, tais como: a composição granulométrica do material que compõe a margem e a coesão desse material, foram determinadas por meio do ensaio de granulometria que é uma combinação de peneiramento e sedimentação, segundo a Norma Brasileira - NBR 7181 (Associação, 1984), e o ensaio de resistência ao cisalhamento direto em solos, seguindo o procedimento do Método de Ensaio - MSL-15 (Companhia Energética, 1986).

As características hidrológicas levantadas foram a variação de cota e vazão do rio São Francisco e variações de velocidade do fluxo nas proximidades das seções instrumentadas. Os dados de cota, vazão e precipitação pluviométrica foram coletados na estação climatológica da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF - 4ª SR, localizada na área estudada.

A medição das velocidades do fluxo próximo à margem estudada foi efetuada com o uso do molinete, o qual é posto em movimento por ação da velocidade da água e o número de rotações dada pelo aparelho é também dependente da velocidade da água. O molinete utilizado foi do tipo fluviométrico IH, modelo MLN-6 com faixa de medição de 0,1 a 3,00 m s⁻¹.

Os dados de composição granulométrica e coesão do material que compõe a margem, altura do barranco, dados climáticos e hidrológicos da área foram levantados com o objetivo fazer uma correlação entre esses fatores e as taxas de erosão marginal.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três tratamentos e quatro repetições, ou seja, cada seção - seção A, B e C - constituiu-se de um bloco e cada bloco recebeu os mesmos tratamentos - métodos dos pinos, estacas e perfilagens sucessivas. As características das seções instrumentadas encontram no quadro 1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação da erosão marginal e volume de material erodido

A distribuição das taxas de erosão marginal pode variar notadamente de um ponto para outro da margem, por serem variáveis as características morfológicas e sedimentológicas do barranco e, além disso, quase sempre, a ação das ondas e a das correntes não são iguais em toda a extensão de uma margem. O ângulo de incidência da corrente na margem varia de um local para outro conforme seu traçado, ora sinuoso ora retilíneo do rio e, dessa forma, controla a magnitude dos processos erosivos. Quando as correntes batem perpendicularmente, são originados grandes desmoronamentos na margem, provocando o rápido recuo da linha de margem. Quando a corrente é paralela à margem, predominam os pequenos desmoronamentos, gerando recuos menores.

Quadro 1. Características das seções instrumentadas

Seção	Altura média do barranco	Camada	Composição granulométrica		Coesão	Vegetação da superfície do barranco
			Silte + argila	Areia média + fina		
	m		g kg ⁻¹		kPa	
A	5,21	A	159,0	841,0	12,00	Vegetação arbustiva
		C1	877,8	120,5		
		C2	334,2	665,4		
		C3	5,3	993,0		
B	6,36	A	901,4	97,1	15,10	Hortaliças
		C1	69,1	930,6		
		C2	110,7	889,3		
		C3	9,7	953,1		
C	3,91	A	969,5	30,4	11,50	Pastagem plantada
		C1	145,5	854,4		
		C2	112,1	887,9		
		C3	805,8	189,8		

Na área estudada, as taxas de erosão marginal acumulada, no período de abrangência da coleta de dados, foram de 8,30 m, na seção A; 47,30 m, na seção B, e 4,45 m, na seção C (Quadro 2).

Os dados mostram que as maiores taxas de recuo da margem estão relacionadas com a presença de material arenoso, e conseqüentemente, sem coesão na base do barranco (Quadro 1), local onde as ondas provocavam o solapamento dessa base, ocasionando o desmoronamento do material da margem do rio.

A partir das observações de campo, constatou-se que as seções estudadas apresentavam um perfil verticalizado, variando apenas a altura e as percentagens de areia, silte e argila do material que caracterizava o barranco. Analisando os dados apresentados no quadro 2, observou-se que a seção B apresentou maior taxa de erosão anual justificada também pela sua maior altura média do barranco (Quadro 1). Diferentemente, a seção C foi a que apresentou menores taxas de erosão, sendo esta a seção de menor altura do barranco. Essa seção apresentou as menores percentagens de material arenoso e maiores percentagens de argila e silte na composição das camadas da base do barranco (Quadro 1), dificultando a erosão marginal.

O volume de material erodido em cada seção monitorada foi de 518,91 m³ na seção A, 36099,94 m³ na seção B e 208,79 m³ na seção C (Quadro 2). Para calcular o volume, foram usados a altura média do barranco e o valor de 12 m de extensão lateral da área monitorada.

Distribuição temporal das taxas de erosão

A erosão marginal tem uma importante distribuição temporal. Ela não é contínua e está vinculada às magnitudes dos eventos climáticos, principalmente a intensidade do vento e dos eventos hidrológicos, como a variação da vazão, a variação da cota e a velocidade do fluxo. Isso, associado às características do barranco em cada ponto, fez com que as taxas erosivas fossem maiores em determinados meses do ano (Figura 5 e Quadro 3).

Fatores hidrológicos e climáticos

Com relação à vazão do rio São Francisco, observou-se uma variação discreta da vazão durante os meses de estudo; todavia, notou-se um aumento da vazão nos meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro de 1999 e janeiro de 2000 (Quadro 3), por ser a vazão do rio São Francisco controlada por barragens localizadas ao longo do seu leito, principalmente pelas barragens de Sobradinho e Xingó. Os meses compreendidos entre outubro e fevereiro correspondem ao período do ano de maior pluviosidade no alto e médio curso do rio São Francisco, onde ocorre a maior contribuição de descarga do seus afluentes mais importantes. O período de maior pluviosidade no Baixo São Francisco - de abril a agosto - não revelou aumento da vazão do rio no trecho estudado, ao contrário, coincidiu com os meses de menor vazão média.

A velocidade do fluxo nas proximidades da margem estudada foi de 0,543 m s⁻¹ a 5,0 m de

Quadro 2. Taxa de erosão e volume de material erodido

Seção	Taxa de erosão	Volume de material erodido
	m ano ⁻¹	m ³
A	8,30	518,91
B	47,30	36.099,94
C	4,45	208,79

Quadro 3. Dados hidrológicos e climáticos da área de estudo, no período de fevereiro de 1999 a janeiro de 2000

Mês	Cota média	Amplitude da cota	Vazão média	Velocidade média do vento
	m	m (cota _{máx} - cota _{mín})	m ³ s ⁻¹	m s ⁻¹
Fevereiro	2,38	0,46	1897	1,814
Março	2,20	0,50	1702	1,553
Abril	2,29	0,58	1799	1,384
Mai	2,29	0,56	1757	0,969
Junho	2,27	0,46	1765	0,830
Julho	2,24	0,37	1736	1,296
Agosto	2,29	0,38	1725	1,315
Setembro	2,27	0,24	1789	1,186
Outubro	2,38	0,38	1886	1,385
Novembro	2,43	0,52	2032	1,488
Dezembro	2,63	0,60	2229	1,610
Janeiro	2,47	0,35	2022	1,465

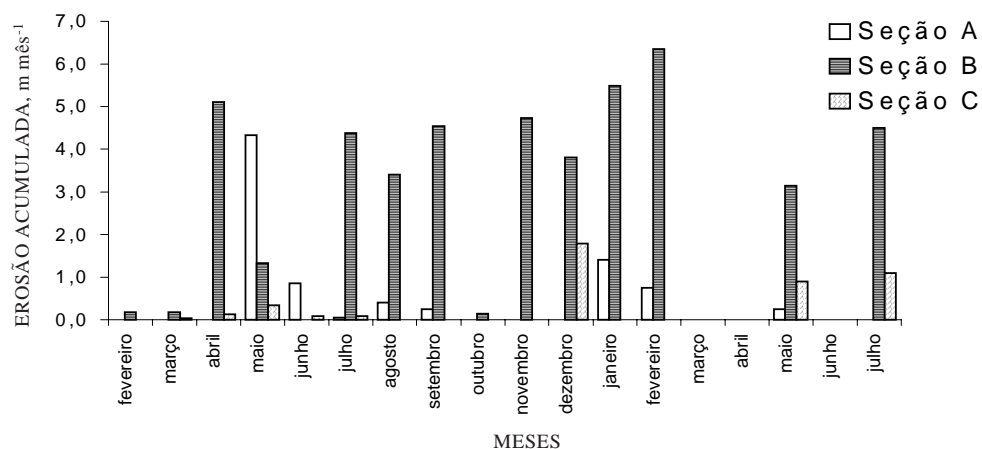


Figura 5. Taxas de erosão mensal nas seções monitoradas.

distância da margem, sendo essa velocidade superior à velocidade mínima de arraste de partículas com diâmetro de até 0,42 mm (Gilbert citado por Christofolletti, 1981) - correspondente ao material arenoso que é o que compõe a maior parte da margem estudada, criando, assim, condições favoráveis que facilitam a retirada do material da base do barranco, tornando-o instável.

Associado à velocidade do fluxo próximo à margem, a direção predominante do vento coincidindo com o sentido da corrente do rio - sudeste (SE) pode-se tornar importante fator na formação de ondas que provocam o solapamento progressivo dos barrancos e conseqüente desmoronamento da suas partes superiores.

CONCLUSÕES

1. A presença de material arenoso e, conseqüentemente, sem coesão na base do barranco, onde a ação de ondas provocavam o solapamento dessa base ocasionando o desmoronamento do material da margem do rio, constituiu relevante fator de importância no que se refere às elevadas taxas de erosão nas seções estudadas.

2. A altura do barranco foi um fator de grande importância na avaliação das taxas erosivas, os barrancos com as maiores alturas mostraram-se instáveis mais facilmente com a retirada do material de base pelo solapamento.

3. As taxas erosivas, mensais e anual, também foram influenciadas pela ação associada das variáveis velocidade e direção predominante do vento, amplitude mensal da cota, cota máxima mensal e velocidade do fluxo próxima à margem.

LITERATURA CITADA

- AGÊNCIA de Meteorologia em Salvador/BA. Direção do vento e velocidade na estação climatológica de Propriá/SE - período de 1978 a 1987. 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Solo - análise granulométrica (NBR 7181). Rio de Janeiro, 1984. 13p.
- CASADO, A.P.B. Estudo do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco (perímetro irrigado Cotinguiba/Pindoba - Baixo São Francisco Sergipano). Aracaju, Universidade Federal de Sergipe, 2000. 108p. (Tese de Mestrado)
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. Ensaio de cisalhamento direto em solos (Método de Ensaio MSL-15). Ilha Solteira, 1986. 25p.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO - CODEVASF. Ficha técnica do perímetro Cotinguiba/Pindoba. Aracaju, 1998. 13p.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial - o canal fluvial. São Paulo, Edgard Blucher, 1981. 313p. v.1.
- FERNANDEZ, O.V.Q. Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, PR. Rio Claro, Universidade Estadual de São Paulo, 1990. 86p. (Tese de Mestrado)
- FERNANDEZ, O.V.Q. Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR). Rio Claro, Universidade Estadual de São Paulo, 1995. 107p. (Tese de Doutorado)
- FERNANDEZ, O.V.Q. O método dos pinos na quantificação da erosão marginal em rios reservatórios. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 1., 1996, Uberlândia. Anais. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 1996. p.160-163.
- FONTES, A.L. Estudo integrado das sub-bacias do Baixo São Francisco Sergipano: região dos tabuleiros costeiros e pediplano sertanejo - geomorfologia. Aracaju, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco/Núcleo de Estudos do Semi-Árido, 1999. 140p. (no Prelo)

- HOLANDA, F.S.R. Estudo integrado do vale do São Francisco Sergipano: região de tabuleiros costeiros e pediplano sertanejo - pedologia. Aracaju, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco/Núcleo de Estudos do Semi-Árido, 2000. 137p.
- HOOKE, J.M. An analysis of the processes of river bank erosion. *J. Hydrol.*, 42:39-62, 1979.
- HOOKE, J.M. Magnitude and distribution of rates river bank erosion. *Earth Sur. Proc.*, 5:143-157, 1980.
- HUDSON, N. A field technique to directly measure river bank erosion. *Can. J. Earth Sci.*, 19:381-383, 1981.
- HUGHES, D.J. Rates of erosion on meanderarcs. In: *RIVER channel changes*. John Wiley & Sons, 1977. p.193-205.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil. 2.ed. Jaboticabal, Fundação Nacional de Pesquisa, 1992. 201p.
- ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *R. Dep. Geografia*, 6:17-30, 1992.
- THORNE, C.R. & TOVEY, N.K. Stability of composite river banks. *Earth Sur. Proc. Landforms*, 6:469-484, 1981.
- WOLMAN, M.G. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. *Am. J. Sci.*, 257:204-216, 1959.

