

O MÉTODO DOS PINOS NA QUANTIFICAÇÃO DA EROSÃO MARGINAL EM RIOS E RESERVATÓRIOS.

OSCAR V. Q. FERNANDEZ

GEMA - Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente
Departamento de Geografia - Universidade Estadual de Maringá
Av. Colombo, 3690 - CEP 87030-120 - Maringá - PR

Abstract. The bank erosion is a geomorphological complex process. This paper presents, a large bibliography revision on the pins method uses in quantification of bank erosion, following by a description of method. Examples of application in brazilian rivers and reservoir are presented. The limitations of using this method also are discussed.

Keyword: Bank erosion, Erosion Pin method.

Introdução

O estudo sistemático da erosão marginal é complexo devido a sua natureza interdisciplinar. Desde finais da década de 50, vários métodos de quantificação da erosão marginal foram testados tanto nos Estados Unidos como na Europa. Dentre as diversas técnicas utilizadas, o método dos pinos ganhou um grande destaque.

Neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a utilização do método dos pinos nas margens fluviais calcada essencialmente na literatura internacional, acompanhada de uma síntese das experiências acumuladas por Fernandez (1990) e Fernandez & Fulfaro (1993) na medição da erosão marginal no rio Paraná e, Fernandez (1995) na orla do lago da UHE Itaipu.

Descrição do Método dos Pinos

O método consiste na inserção de pinos metálicos na face dos barrancos, objetivando medir o valor da erosão através da superfície de exposição dos pinos. A maioria dos pesquisadores inserem pinos seguindo uma malha regular. A medição da porção do pino exposta pela erosão é feita periodicamente com régua ou paquímetro de preferência após grandes chuvas ou durante os estágios de enchentes e estiagens, acompanhadas de dados complementares como quantidade de precipitação, variação do nível do rio e velocidade do fluxo.

A magnitude da erosão após cada campanha de medição é calculada mediante a seguinte fórmula:

$$Em = (L_1 - L_0) / t \quad (1)$$

onde Em = magnitude da erosão (cm/mês);
 L_1 = comprimento do pino exposto pela erosão (cm);
 L_0 = comprimento do pino deixado exposto após cada levantamento (padronizado em 10 cm) e t = tempo transcorrido (meses) entre cada campanha.

Após cada campanha de mensuração, o comprimento do pino exposto pela erosão é inserido novamente no barranco, deixando-se expostos apenas 10 cm para facilitar sua localização. No extremo saliente é fixada uma plaqueta metálica que contém a identificação do pino.

A erosão média para cada seção monitorada após cada levantamento é a somatória dos recuos registrados dividido pelo número total de pinos instalados, enquanto que a erosão média anual é a média aritmética da erosão média obtida ao longo de um ano de monitoramento. O período ideal de monitoramento varia de 5 a 10 anos (Hooke, 1979).

O quadro 1 sumaria um levantamento bibliográfico dos trabalhos envolvendo o uso dos pinos na erosão marginal. Este levantamento vem evidenciar que o método foi empregado em numerosos ambientes climáticos e em bacias hidrográficas com diferentes dimensões e regimes hidrológicos distintos.

Os tipos de materiais dos quais são feitos os pinos são frequentemente ferro ou alumínio. O comprimento dos pinos nessas pesquisas variou de 0,10 a 1,0 m e o diâmetro variou de 1,0 mm a 13,00 mm (Quadro 1). Fernandez (1990, 1995) e Rocha (1995) empregaram pinos de aço, pintados com tinta zarcão para evitar a ferrugem, de 1,0 m de comprimento e 5,16 mm de diâmetro. A importância das características dos pinos radica no seu possível efeito sobre o comportamento geotécnico dos sedimentos das margens. De fato, Thorne (1981) reportou que a porção superior dos barrancos onde foram inseridos pinos metálicos, de até 1,0 m de comprimento, evidenciaram um aumento na resistência ao cisalhamento. Por essa razão, Thorne (1981) sugeriu que o comprimento dos pinos oscilasse entre 0,3 a 0,5 m. Nas margens onde o referido autor trabalhou, a pouca magnitude da erosão permitiu o emprego de pinos curtos. No rio Paraná e no reservatório de Itaipu, devido a grande magnitude da erosão, Fernandez (1990, 1995) e Rocha (1995)

utilizaram pinos de 1,0 m de comprimento, que aparentemente, não causaram nenhum efeito retardador sobre a erosão.

A frequência das campanhas de medição a ser adotada depende da velocidade do processo erosivo. Em geral, as campanhas devem ser realizadas a cada 30 dias (Hooke, 1980). Fernandez (1990) realizou campanhas que foram executadas em intervalos de 30 a 40 dias, sendo intensificadas nos períodos de enchente ou chuva.

Tendo-se em conta que o método dos pinos ainda não foi utilizado em rios tropicais, as experiências realizadas por Fernandez (1990) e Rocha (1995) constituíram excelentes oportunidades para testar a eficiência do método num rio tropical de grande porte como o Paraná. Também foram testadas as adaptações realizadas no método (comprimento, diâmetro). Estas adaptações foram realizadas com o objetivo de adequar

o método à realidade da dinâmica erosiva imperante no rio Paraná. Após as primeiras experiências com o método dos pinos foi constatada sua ineficiência nas margens com grande recuo onde predominam os processos de desmoronamentos.

Nos últimos anos, o método dos pinos ganhou um novo impulso com a invenção do "Photo-Electronic Erosion Pin" (PEEP) (Lawler, 1991). O sistema PEEP é um sensor constituído por uma fileira de células fotovoltaicas conectadas em série e colocadas num tubo acrílico transparente. Este tubo é inserido na face do barranco, de maneira que com a ocorrência da erosão, as células fotovoltaicas possam gerar energia elétrica proporcionalmente ao comprimento do tubo exposto. Esta informação é continuamente registrada e armazenada num sistema de banco de dados. O sistema

Rio	Localização	Área da Bacia (km ²)	Altura do Barranco (m)	Taxa de Erosão (m/ano)	- Características dos Pinos -			Fonte
					Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Espaçamento Horizontal (m)	
Watts Branch	EUA	9,60	1,0	0,500	0,30	6,40	1,5	1
Torrens	Australia	77,70		0,580	0,30	8,00	20,0	2
Slope tributary	EUA	0,13		0,006	0,25	13,0	15,2	3
Bradgate brook	Inglaterria		10,0	0,025	0,15			4
Crawfordsburn	Irlanda do N	3,00	2,5	0,030	0,10	2,0	0,60	5
Clady	Irlanda do N	4,00	5,5	0,054	0,10	2,00	0,60	6
Upper Tywi	Pais de Gales	1,70	0,6		0,15		0,50	7
Rios de Devon	Inglaterria	221,00	1,6	0,050	0,60	6,35	2,0-3,0	8
Narrator brook	Inglaterria	4,75		1,200	0,15			9
Iston	Pais de Gales	6,75	1,1	0,480	0,30	1,60	1,0-2,5	10
Dumarresq creek	Australia	1,31		0,090	0,15			11
Pa raná (PR)	Brasil	670x10 ³	2,30	2,400	1,00	5,16	3,0	12
Paraná (PR)	Brasil	670x10 ³		1,150	1,00	5,16		13
Baia (MS)	Brazil			0,070	1,00	5,16		13
Ivinheima (MS)	Brasil	39.010		0,170	1,00	5,16		13
Lago Itaipu	Brasil/Paraguai		1,40	0,840	1,00	5,16	3,0	14

Codificação da Fonte

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| (1) Wolman (1959) | (6) Hill (1973) | (11) Neller (1988) |
| (2) Twidale (1964) | (7) Jones (1975) | (12) Fernandez (1990) |
| (3) Leopold et alii (1966) | (8) Hooke (1980) | (13) Rocha (1995) |
| (4) Cummins & Potter (1972) | (9) Murgatroyd & Ternan (1983) | (14) Fernandez (1995) |
| (5) Hill (1973) | (10) Lawler (1987) | |

QUADRO 1: Emprego do método dos pinos no estudo da erosão marginal (Lawler, 1978 modificado).

PEEP quantifica a erosão diariamente e dispensa as periódicas campanhas necessárias no método tradicional.

Precauções no Uso do Método dos Pinos

Lawler (1978) citou as principais precauções a serem levadas em conta no emprego do método: a)

distribuição espacial dos pinos nas margens e b) inserção horizontal dos pinos nos barrancos.

a) A distribuição espacial dos pinos nas margens depende do grau de detalhe requerido na pesquisa. A maioria dos pesquisadores inserem pinos segundo uma malha regular. Geralmente, a primeira série horizontal de pinos deve ser posicionada na altura do nível médio do rio e as séries subseqüentes devem ser instaladas com espaçamentos verticais que podem variar de 0,5 a 1 m.

A distância entre os pinos nas séries horizontais podem variar de 1 a 3 m. O número de séries horizontais a ser instalado depende da complexidade estratigráfica do barranco: se possível cada camada texturalmente diferente deve ser instrumentada. Uma vez instalada a malha inicial, vários outros pinos podem ser inseridos em outros locais de interesse, como por exemplo nas proximidades de árvores ou grandes blocos escorregados, com o objetivo de obter mais informações sobre o padrão erosivo da margem instrumentada. Os pinos também podem ser instalados aleatoriamente, mas a sua posterior localização torna-se difícil. Os pinos instalados por Fernandez (1990, 1995) obedeceram uma malha regular com espaçamento horizontal de 3 m e vertical de 1 m. Rocha (1995) instalou somente uma série vertical.

B) Inserção horizontal dos pinos: a velocidade da erosão no passado pode ser estudado através da comparação de fotografias aéreas e mapas antigos, podendo-se estimar o recuo pré-atual das linhas das margens em um plano horizontal. Para facilitar futuras correlações entre a erosão ocorrida no presente e no passado, é necessário que os pinos registrem a erosão no mesmo plano, ou seja, no plano horizontal.

Desvantagens do Método dos Pinos

Lawler (1978) cita algumas limitações do método dos pinos na quantificação da erosão marginal.

1- Alteração das características geotécnicas dos sedimentos das margens.

A inserção dos pinos nas faces dos barrancos é feita com golpes de martelo, causando localmente uma alteração da resistência mecânica dos sedimentos das margens, fato que pode fornecer dados errôneos acerca da erodibilidade dos sedimentos.

2- Alteração do padrão do fluxo pela presença dos pinos.

Nos períodos de enchente, a presença de pinos pode criar turbulências no fluxo, aumentando seu poder erosivo e gerando uma maior remoção dos sedimentos ao redor do pino.

3- Não utilização dos pinos em sedimentos rudáceos.

Nas camadas de sedimentos contendo cascalhos, a medição da erosão torna-se difícil por duas razões: primeiro, a inserção de pinos de pequeno diâmetro (5 mm) é dificultada pela presença dos cascalhos. Segundo, mesmo com a inserção de pinos de maior diâmetro, a medição precisa do valor da erosão torna-se difícil pela presença dos cascalhos que confere muita irregularidade à face do barranco.

4- Desvantagem do valor pontual da erosão.

O valor da erosão registrado com ajuda dos pinos é pontual e não representa o comportamento erosivo de toda a face do barranco. Este problema é minimizado com a instalação de numerosos pinos, abrangendo desde a base até o topo do barranco.

Vantagens do Método dos Pinos

1- Facilidade na instalação e medição da erosão.

Os pinos podem ser instalados rápida e facilmente. As campanhas sucessivas de monitoramento da erosão podem ser realizadas somente por uma pessoa, com ajuda de um martelo e uma régua ou paquímetro.

2- Emprego em diversos ambientes fluviais

Como já foi mencionado no quadro 1, o método dos pinos foi empregado em rios de diversos tamanhos demonstrando sua efetividade em rios perenes (Hooke, 1979; Murgatroyd & Ternan, 1983; Neller, 1988) e temporais (Leopold et alii., 1966).

3- Mede pequena quantidade de erosão

Os pinos são eficientes na detecção de pequenas quantidades de erosão (na ordem de milímetros) em comparação com outros métodos como o método dos perfis (Hudson, 1982), métodos das estacas (Hughes, 1977) e o método de nivelamento (Tovey, 1982).

4- Identificação do padrão temporal e espacial da erosão.

Os pinos inseridos segundo uma malha regular, podem mostrar a distribuição espacial da erosão em cada setor da margem monitorada e revelar sua ocorrência temporal.

5- Detecção de lentos movimentos de massa

Os pinos podem ser dobrados por ação de lentos movimentos de massa que ocorrem nas margens. Assim, o comprimento da porção arqueada do pino indica a dimensão do processo, enquanto que o ângulo de deflexão indica a intensidade do movimento. Para tanto, o pino deve ser fino (diâmetro < 3 mm) e construído de material flexível. Os pinos empregados no rio Paraná, construídos de aço e com 5,16 mm de diâmetro, mostraram-se muito resistentes e não registraram nenhum movimento de massa. A alteração da horizontalidade do pino poderia ser empregado também como elemento adicional na medição da magnitude de escorregamentos rotacionais.

Conclusões

O método dos pinos mostrou uma relativa eficácia na medição da erosão marginal em rios (Fernandez, 1990; Rocha, 1995) e reservatórios (Fernandez, 1995). Nas margens com baixa taxa de erosão (< 0,70 cm/mês), o método dos pinos forneceu bons resultados. As modificações adotadas no método nestas ocasiões, tais como comprimento do pino (1 m), diâmetro (5,16 mm), tipo de material (aço), distribuição espacial dos pinos nas margens (malha regular, 2 ou 3 séries horizontais), apresentaram ótimos resultados sob o ponto de vista operacional. A utilização de pinos com mais de 1,0 m de comprimento não é aconselhável devido a necessidade de um maior número de golpes para a sua inserção no barranco, fato que contribui na alteração das características geotécnicas dos sedimentos das margens.

Nas margens com alta taxa de erosão (> 0,70 m/mês), o método dos pinos apresentou grandes limitações. Nesse tipo de margens predominam desmoronamentos de grandes blocos por solapamento que removem ou dobram os pinos, provocando inclusive a sua perda.

Referências Bibliográficas

- CUMMING, W.A. & POTTER, H.R. Rates of erosion in the catchment area of Cropston Reservoir, Charnwood Forest, Leicestershire. *Mercian Geologist*, 4, 1972. p. 149-157.
- FERNANDEZ, O.V.Q. *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, 1990. 96 p.
- FERNANDEZ, O.V.Q. *Erosão marginal no lago da UHE Itaipu (PR)*. Tese de Doutorado, IGCE/UNESP/Rio Claro, 1995. 130 p.
- FERNANDEZ, O.V.Q. & FULFARO, V.J. Magnitudes e processos da erosão marginal no rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. *Geografia*, Rio Claro, 18, 1993. p. 97-114.
- HILL, A.R. Erosion of the river bank composed of glacial till near Belfast, Northern Ireland. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 17, 1973. p. 428-442.
- HOOKE, J.M. An analysis of the processes of river bank erosion. *Journal of Hydrology*, 42, 1979. p. 39-62.
- HOOKE, J.M. Magnitude and distribution of rates of river bank erosion. *Earth Surface Processes*, 5, 1980. p. 143-157.
- HUDSON, H.R. A field technique to directly measure river bank erosion. *Canadian Journal Earth Science*, 19, 1982. P. 381-383.
- HUGHES, D.J. Rates of erosion on meander arcs. In: GREGORY, K.J. (Ed) *River Channel Changes*. John Wiley and Sons, Ins. 1977. P. 193-205.
- JONES, A.D. *Rainfall, runoff and erosion in the Upper Tywi Catchment*. Swansea. University of Wales, unpubl. Doctoral Dissertation, 1975. 210 p.
- LAWLER, D.M. The use of erosion pins in river banks. *Swansea Geographer*, 16, 1978. p. 9-17.
- LAWLER, D.M. Bank erosion and frost action: an exemple from South Wales. In: GARDINER, V. (Ed.). *Proceeding of the First International Conference on Geomorphology*. John Wiley & Sons, Chichester, 1987. P. 575-590.
- LAWLER, D.M. A new technique for the automatic monitoring of erosion and deposition rates. *Water Resources Research*, 27(8), 1991. P. 2125-2128.
- LEOPOLD, L.B.; EMMETT, W.W. & MYRICK, R.M. Channel and hillslope processes in a semiarid area, New Mexico. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, n. 352-G, 1966. p. 193-253.
- MURGATROYD, A.L. & TERNAN, J.L. The impact of afforestation on stream bank erosion and channel form. *Earth Surface Processes and Landforms*. 8. 1983. p. 357-369.
- NELLER, R.J. A comparison of channel erosion in small urban and rural catchments, Armidale, New South Wales. *Earth Surface Processes and Landforms*, 13, 1988. p. 1-7.
- ROCHA, P.C. *Erosão marginal em canais associados ao rio Paraná na região de Porto Rico, PR*. Dissertação de Mestrado, NUPELIA, Universidade Estadual de Maringá, 29 p.
- THORNE, C.R. Field measurement of rate of bank erosion and bank material strength. In: WALLING, D.E et alii. (Eds) *Measure de l'erosion et du transport des sediment*. IAHS-AISH Publication, 133, 1981. p. 503-512.
- TOVEY, N.K. Surveying. In: HAYNES, R. (Ed) *Environmental Science Methods*. New York, Chapman and Hall Ltd., Chapter 9, 1982. p. 317-347.
- TWIDALE, C.R. Erosion of a alluvial bank at Birdwood, South Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 8, 1964. p. 189-211.
- WOLMAN, M.G. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. *American Journal Science.*, 257, 1959. p. 204-216.