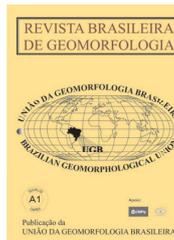


www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 19, nº 4 (2018)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1379>



### NOTA TÉCNICA:

## EROSÃO DE MARGENS EM RIOS SEMIÁRIDOS: ESTUDO NA SUB-BACIA DO BAIXO JAGUARIBE – CEARÁ – BRASIL

## EROSION OF RIVERBANK IN SEMIARID RIVERS: STUDY IN THE SUB-BASIN OF THE BASS JAGUARIBE – CEARÁ – BRAZIL

**José Hamilton Ribeiro Andrade**

*Departamento de Geografia, Escola Normal Rural de Limoeiro do Norte  
Av. Dom Aureliano Matos, 1759, Limoeiro do Norte, Ceará. CEP: 62930-000. Brasil  
E-mail: hamilton.meioambiente@yahoo.com.br*

**Celsemy Eleutério Maia**

*Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-árido  
BR 110, Km 47 Costa e Silva, Mossoró, Rio Grande do Norte. CEP: 59625-900. Brasil  
E-mail: celsemy@ufersa.edu.br*

### Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):  
17/01/2018  
Aceito (Accepted):  
10/03/2018

### Palavras-chave:

Dinâmica Fluvial; Erosão de Margens; Rio Jaguaribe.

### Keywords:

Fluvial Dynamics; Riverbank Erosion; Jaguaribe River.

### Resumo:

A erosão de margens de rio é um processo natural que pode ser intensificado pelas atividades humanas, produzindo efeitos catastróficos para o ambiente fluvial. O entendimento deste processo é fundamental, para os estudos relacionados a geomorfologia fluvial, pois além de proporcionar desequilíbrios ambientais, podem acarretar problemas de ordem social e econômica. O presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica dos processos de erosão de margens no rio Jaguaribe, no seu baixo curso, precisamente no município de Quixeré. O rio Jaguaribe é um dos principais mananciais do Estado do Ceará, sendo um rio semiárido e tendo suas vazões controladas por açudes. Para o monitoramento das margens foram selecionadas ao longo de um trecho de 10 km do rio nove seções, que foram agrupadas em três tipos áreas, Área Conservada (AC), Área Parcialmente Conservada (APC) e Área Degradada (AD). Para quantificar as taxas erosivas foi utilizado a metodologia dos pinos de erosão. Os resultados obtidos mostram que as áreas degradadas apresentaram valores de recuo de 13,5 cm ano<sup>-1</sup> e volume erodido de 7,77 m<sup>3</sup>, sendo os maiores valores observados, já as conservadas apresentaram valores de recuo de 3,05 cm ano<sup>-1</sup> e volume de 1,39 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, acompanhado das áreas parcialmente conservadas que obtiveram valores de recuo de 4,85 cm ano<sup>-1</sup> e volume de 1,52 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>. Para o período avaliado (junho/2014 a maio/2015), a principal condicionante responsável pela erosão marginal foram as precipitações, mesmo sendo um ano de chuvas abaixo da média histórica.

## Abstract:

Erosion of riverbanks is a natural process that can be intensified by human activities, producing catastrophic effects on the river environment. The understanding of this process is fundamental, for the studies related to fluvial geomorphology, beyond providing environmental imbalances, can cause problems of social and economic order. The present study had the objective of analyzing the dynamics of the riverbank erosion processes in the Jaguaribe river, in its low course, precisely in the municipal of Quixeré. The Jaguaribe River is one of the main springs of the State of Ceará, being a semiarid river and having its flows controlled by dams. For the monitoring of the margins, nine sections were selected along a 10 km section of the river, which were grouped into three types, Conserved Area (CA), Conserved Partially Area (CPA) and Degraded Area (AD). In order to quantify the erosive rates, the methodology of the erosion pins was used. The results obtained show that the degraded areas presented values of retreat  $13,5 \text{ cm year}^{-1}$  and eroded volume of  $7,77 \text{ m}^3$ , with the highest values observed, and those that were conserved had retreat values of  $3,05 \text{ cm year}^{-1}$  and volume of  $1,39 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$ , accompanied by partially conserved areas that obtained values of retreat of  $4,85 \text{ cm year}^{-1}$  and volume of  $1,52 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$ . For the period evaluated (June / 2014 to May / 2015), rainfall was the main condition responsible for marginal erosion, even though rainfall was below the historical average.

## Introdução

Os ambientes fluviais são muitos dinâmicos com alterações constantes nos seus mecanismos de produção, transporte e deposição de sedimentos. Isto desperta o interesse para entender tais processos, pois ao longo da história das sociedades humanas, estes espaços foram e continuam sendo a base para a fixação das cidades e um meio de desenvolvimento econômico, sendo ambientes cobiçados por apresentarem os requisitos básicos para sobrevivência humana, disponibilizando água em abundância e solos férteis, propícios as atividades agropecuárias.

A inclusão das atividades humanas nestes espaços ao longo do tempo tem contribuído para metamorfosear suas paisagens, além de romper com o equilíbrio ambiental. O desmatamento da vegetação ciliar, assim como as grandes obras de engenharia são algumas destas atividades que comprometem o fluxo de matéria e energia nos ambientes fluviais.

Segundo Cunha e Guerra (2011), alguns processos naturais, como formação do solo, lixiviação, erosão, deslizamentos, mudanças na cobertura vegetal, alterações hidrológicas, entre outros, ocorrem no ambiente natural, sem a necessidade da intervenção humana. Porém, quando o homem modifica estes processos, ditos naturais, estes passam a serem intensificados de forma descontrolada e suas consequências na maioria das vezes trazem sérios prejuízos para as sociedades humanas.

Dentre os diversos processos naturais que atuam no ambiente fluvial, destacamos a erosão das margens dos rios, este processo é muito dinâmico e passível de ser acelerado pelas ações humanas. Segundo Fernandez

(1990), a erosão marginal é entendida como sendo o recuo linear das margens fluviais, devido à remoção dos materiais do barranco pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa (precipitação).

O entendimento da erosão de margens é fundamental para os estudos relacionados à geomorfologia fluvial, pois este processo desencadeia diversas mudanças no canal fluvial e atua na destruição da planície de inundação, além de proporcionar problemas de ordem social e econômica. Diante de sua dinâmica, os processos de recuo de margens devem ser compreendidos, a fim de possibilitar um planejamento adequado quanto ao uso das margens pelas atividades humanas (HOOKE, 1979).

Apesar da importância da compreensão dos processos de recuo de margens, ainda são poucos os estudos desenvolvidos sobre tal temática. Conforme Rocha e Souza Filho (2008), a maioria dos estudos sobre erosão de margens foram desenvolvidos em rios de regiões temperadas e em rios de pequenas bacias de drenagem. Em território brasileiro, alguns trabalhos nesta temática foram desenvolvidos, principalmente, na bacia do rio Paraná, a exemplos, destacamos os trabalhos de Fernandes (1990, 1993) e Rochas e Sousa Filho (2008).

O comportamento da erosão de margens é muito variável, podendo ser relacionado ao tipo climático no qual está inserida a bacia hidrográfica. Nos rios situados em regiões semiáridas, que apresentam baixas vazões e fluxo sazonal, os processos erosivos são observados com maior magnitude em épocas de chuvas acima da média, o que favorece a ocorrência do nível de margens plenas, contribuindo, para o alargamento do canal. Nos rios situados em regiões de climas mais úmidos, no

qual as vazões e precipitações são mais regulares, os processos de alargamento dos rios são mais frequentes.

Nas regiões semiáridas, caracterizadas por balanço hídrico deficitário, ou seja, apresentam contínuas interrupções hídricas, os estudos que enfocam o tema em questão são raros, apesar da importância dos rios para o desenvolvimento destes espaços. Diante da carência de estudos sobre a perda de margens em rios semiáridos, o presente trabalho procurou avaliar o comportamento da erosão marginal no rio Jaguaribe, situado no estado do Ceará, precisamente, no seu baixo curso.

## Materiais e Métodos

O presente estudo apresenta como recorte espacial um trecho do rio Jaguaribe, situado no seu baixo curso. Para alcançar seus objetivos, a pesquisa apoia-se na análise sistêmica, para assim, compreender os diferentes condicionantes que atuam de forma direta e indiretamente nos processos de erosão de margens na área estudada. Portanto, o trabalho estruturou-se a partir das seguintes etapas: caracterização da área de estudo por meio de pesquisas bibliográficas, etapa de campo e de gabinete. Estas etapas serão apresentadas detalhadamente a seguir.

## Caracterização da área de estudo

O rio Jaguaribe é um dos mais importantes do Estado do Ceará, com extensão de aproximadamente 610 km desde sua nascente na Serra da Joanhina (município de Tauá), até sua desembocadura no Oceano Atlântico no município de Fortim. Sua bacia hidrográfica com área de 74.000 km<sup>2</sup>, ocupa quase 50% do território cearense. Segundo Cavalcante e Cunha (2011), a Bacia do Jaguaribe é formada por cinco sub-bacias: Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Bacia do Banabuiú e Bacia do Salgado.

Não fugindo da realidade da grande maioria dos rios do Nordeste, o rio Jaguaribe apresenta trechos controlados por reservatórios artificiais de pequeno, médio e grande porte (CAVALCANTE, 2012). A exemplo disto, destacamos o Açude Castanhão (6,7 bilhões de m<sup>3</sup>) que fica localizado no seu médio curso.

O presente trabalho foi realizado na sub-bacia do baixo Jaguaribe, no município de Quixeré. O trecho em estudo apresenta uma extensão de 10 km, contando a partir da passagem molhada de Quixeré (localizada na zona urbana do município de Quixeré) até a passagem molhada de Sucurujuba, na zona rural do município em questão (Figura 1).

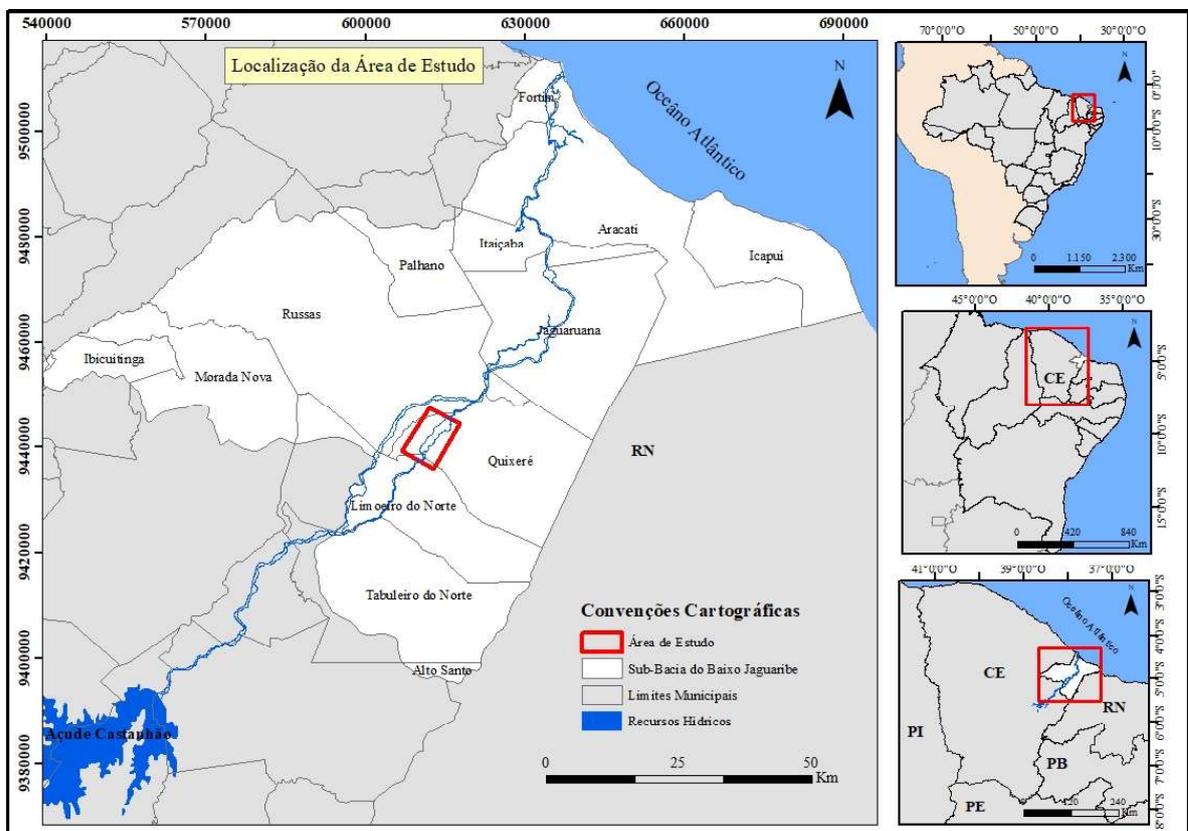


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo.

A sub-bacia do Baixo Jaguaribe apresenta a menor área de drenagem (7.021 km<sup>2</sup>) quando comparada as cinco sub-bacias que compõe a Bacia Hidrográfica do rio Jaguaribe, representando apenas 4% do território cearense. Tal unidade apresenta terrenos com altimetria inferior a 200 metros, com predominância de relevo plano a moderadamente dissecado em interflúvios tabulares intercalados com setores de planícies fluviais. Nesta área predominam amplas extensões de sedimentos holocênicos que proporcionam grandes áreas aluvionares com potencialidade de água subterrânea (CEARÁ, 2009).

O clima predominante nesta sub-bacia é o clima Semiárido Quente e Subúmido que propicia temperaturas anuais médias em torno dos 26°C a 28°C, apresentando uma média pluviométrica anual de 838,0 mm. A mesma apresenta sedimentos cenozóicos do período quaternário nas aluviões do rio Jaguaribe, onde predominam os solos Neossolos Flúvicos (CEARÁ, 2009).

No trecho em estudo a vegetação ciliar é composta pela Floresta Mista Dicótilo-Palmacea, apresentando como espécie dominante a carnaúba

(*Copernicia prunifera*), e outras espécies como à oiticica (*Licania rígida*), mulungu (*Erithrina velutina*), juazeiro (*Zyziphus joazeiro*) e outras com menores representações (ANDRADE e ALMEIDA, 2013).

### Etapa de campo

Nesta etapa foram realizadas visitas técnicas na área de estudo para seu reconhecimento, assim como a escolha dos melhores pontos para monitoramento da erosão marginal. Sendo esta etapa dividida em três momentos: a escolha das seções para monitoramento, instrumentação das margens e observação dos processos erosivos.

A escolha das margens para monitoramento se deu a partir do grau de conservação da vegetação ciliar e os usos sobre elas. Para isto, foram escolhidas nove seções ao longo do trecho do rio Jaguaribe que corta o município de Quixeré (Figura 2). Estas foram agrupadas em três tipos de áreas: Área Conservada (AC), Área Parcialmente Conservada (APC) e Área Degradada (DC).

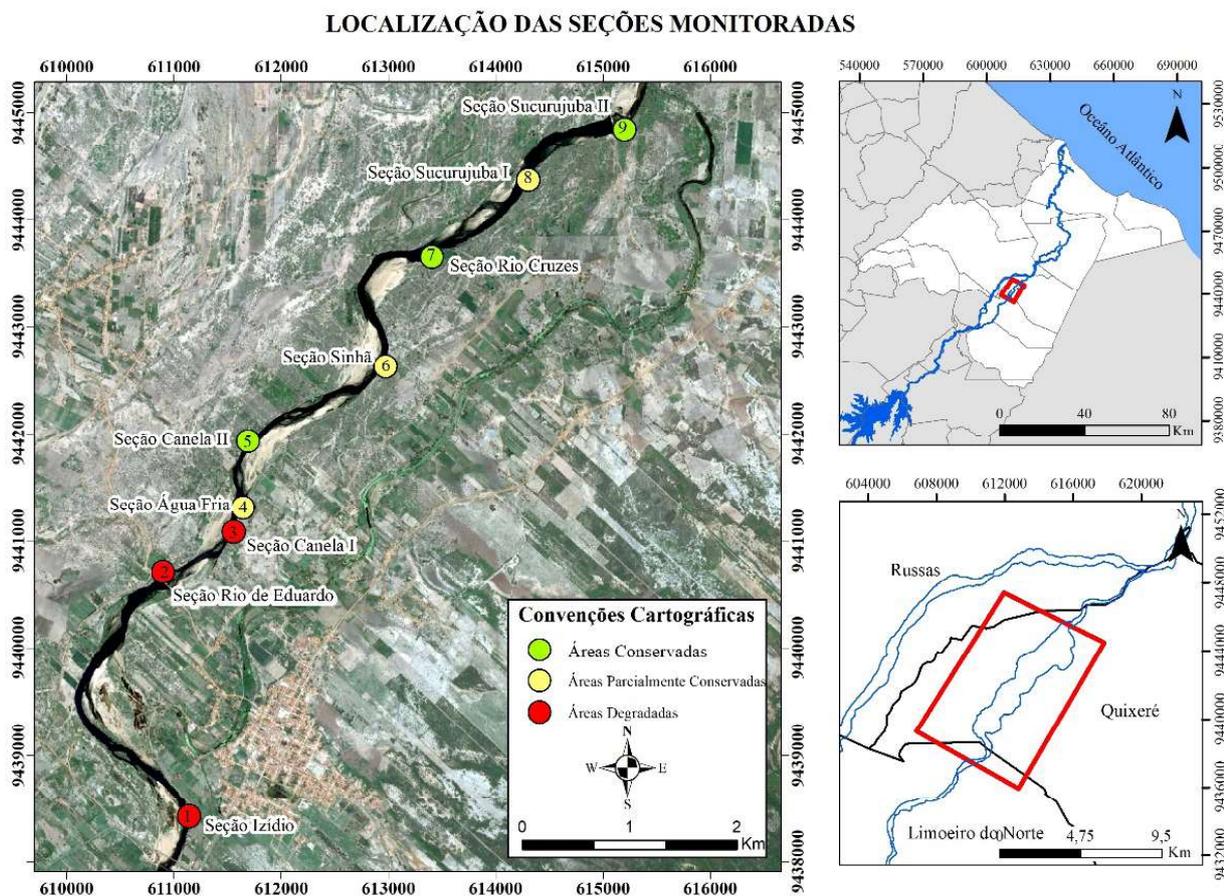


Figura 2 – Localização das seções monitoradas ao longo da área de estudo.

Foi considerada Área Conservada as margens que mantinham suas características naturais, sem alterações significativas na sua vegetação natural e com ausência de usos sobre elas. A Área Parcialmente Conservada foi definida como sendo aquela em que a vegetação ciliar sofreu alterações, mas ainda predominam algumas espécies e não dispõem de atividades permanentes sobre a mesma. Já a Área Degradada, foi denominada como sendo as de margens onde a vegetação foi significativamente alterada e com atividades permanentes sobre elas (áreas agrícolas, viveiros de peixes e camarão e construções civis, entre outras).

Para monitorar os processos erosivos nas secções estudadas foi utilizado o método de medição direta da erosão de margens, conhecido como método dos pinos. Segundo Fernandez (1990), este método consiste na introdução de pinos na face das margens, a medida que a margens vai recuando, é medida a exposição do pino em relação ao barranco. As margens escolhidas foram instrumentalizadas com a colocação de pinos (Figura 3)

Em cada área de monitoramento foi instalado uma quantidade específica de pinos, baseado nas características da margem como altura e ângulo do barranco. Também foram realizadas coleta de solo para determinar a granulometria dos sedimentos das margens (Tabela 1). Os pinos foram colocados a uma distância horizontal de 2 m de separação. Os pinos utilizados são construídos de ferro, tendo 1 m de comprimento, com 5,16 mm de diâmetro. Estes, introduzidos nas margens, ficaram com 10 cm de exposição e foram pintados de cor branca para facilitar a sua localização.

Vale ressaltar que as áreas monitoradas foram referenciadas com auxílio de receptor GPS (Sistema de Posicionamento Global) do tipo *garmim etrex*, e registradas através de máquina fotográfica. Também foram escolhidos pontos de referência sobre as margens monitoradas, como cercas e árvores para amarração, caso os recuos das margens fossem superiores ao tamanho dos pinos.



Figura 3 - Instalação dos pinos nas margens em estudo.

Tabela 1: Quantidade de pinos instalados em cada seção monitorada, altura e composição granulométrica das margens.

Seções	Quant. de Pinos	Altura das Margens (m)	Composição granulométrica (g/Kg)				Classificação textural
			Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
1. Izídio	6,0	5,0	228	457	233	81	Franco Arenosa
2. Rio Eduardo	9,0	4,0	52	613	241	93	Franco Arenosa
3. Canela I	6,0	3,0	67	150	523	260	Franco Argilosa
4. Canela II	6,0	3,1	142	294	383	182	Franca
5. Água-Fria	6,0	4,0	514	382	72	31	Arenosa
6. Sinhã	6,0	3,0	523	374	82	21	Arenosa
7. Rio Cruzes	9,0	3,4	163	493	231	133	Franca Arenosa
8. Sucurujuba I	6,0	2,5	75	670	181	74	Franca Arenosa
9. Sucurujuba II	6,0	3,5	174	227	382	216	Franca

Após a instrumentalização as margens passaram a ser monitoradas mensalmente ou após eventos de chuvas na área, sendo acompanhadas pelos dados de variação do nível e vazões do rio. O período de monitoramento da erosão marginal nas margens instrumentadas foi de junho de 2014 a maio de 2015, totalizando 12 meses de avaliação.

### Etapa de gabinete

Nesta etapa foram realizadas análises dos dados oriundos dos trabalhos de campo que foram utilizados para determinar a taxa de erosão e o volume erodido das margens. Também foram utilizados dados de precipitações e vazões do rio. Estas informações foram disponibilizadas, respectivamente, pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e pela Agência Nacional de Água (ANA).

Com o monitoramento do recuo dos pinos durante os 12 meses de estudo, foi determinada a taxa de erosão ( $\text{cm mês}^{-1}$ ) e o volume erodido ( $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$ ) para cada margem. A magnitude da erosão após cada medição foi calculada pela equação 1, utilizada por Fernandez (1990), com “Em” a magnitude da erosão ( $\text{cm mês}^{-1}$ ), “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.

$$Em = (L1 - L0)/t \quad (1)$$

Segundo Fernandez (1990), a erosão média para uma seção monitorada, após cada campanha de medição é o somatório dos recuos registrados divididos pelo

número de pinos dispostos na margem.

Já a erosão média anual foi obtida pela média aritméticas das erosões médias adquiridas ao longo de um ano de observações conforme equação (2) utilizada por Fernandez (1990).

$$Me = H \cdot Er \cdot Et \quad (2)$$

Em que “Me” é o volume de material erodido ( $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$ ), “H” é a altura da margem (m), “Er” é a erosão média anual ( $\text{m/ano}$ ), e “Et” é a extensão lateral da margem instrumentada (m). Para calcular o volume, foram usados a altura média do barranco e o valor de 4 m de extensão lateral para as áreas monitoradas.

Os dados referentes à precipitação e à vazão do rio na área em estudo foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB), disponível no endereço eletrônico: <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Os dados de chuvas foram extraídos da Estação Pluviométrica (537041) localizada na sede do município de Quixeré e monitorada pela FUNCEME, e a Estação Fluviométrica (36760000) que fica localizada na área de estudo, a mesma é monitorada pela CPRM. Para a manipulação dos dados foi utilizado o *software* Hidro 1.2, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA), facilitando a análise dos dados com a geração de gráficos e planilhas.

### Resultados e Discursões

As variáveis meteorológicas e hidrológicas são de grande relevância para o entendimento dos processos

de erosão de margens. Neste trabalho foi monitorado o comportamento das precipitações e as oscilações das vazões e do nível do rio Jaguaribe no trecho em estudo. Para o período avaliado as chuvas acumuladas

ficaram abaixo da média histórica que é de 691,4 mm, e o observado foi apenas de 428,77 mm. A figura 4 representa as variações das vazões e do nível do rio Jaguaribe para o período monitorado.



Figura 4 – Vazões e cotas médias mensais do rio Jaguaribe no período de junho de 2014 a maio de 2015.

Como podemos observar na figura 4, o nível do rio está condicionado às suas vazões, ao longo do período de estudo. As vazões e o nível do rio apresentaram algumas oscilações, como no mês de fevereiro que apresentou vazão média de  $27,06 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e o nível médio de 143 cm. Já no mês de abril exibiu vazões muito reduzidas com média de  $3,75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e conseqüentemente, foi o mês de menor nível médio do rio, sendo este de 98 cm.

Confrontando as vazões com as precipitações observadas na área em estudo (Figura 5), percebeu-se que as vazões do rio Jaguaribe não aumentaram com as precipitações ocorridas na área. Este comportamento

está relacionado ao controle das vazões do trecho do rio Jaguaribe pelo Açude Castanhão.

Apesar das precipitações ficarem abaixo da média histórica para o período avaliado, as chuvas foram o principal mecanismo de perda de solo para as margens estudadas, conforme representado na figura 6, que trata sobre o comportamento das precipitações acumuladas e o volume erodido total por mês, obtido pelo somatório das seções avaliadas. Salienta-se que outros processos erosivos foram observados no período de estudo, como por exemplo, o processo de corrosão que se dá pelo desgaste mecânico da margem, geralmente através de partículas carregadas pela água.



Figura 5 - Vazões e precipitações mensais para o período de monitoramento.

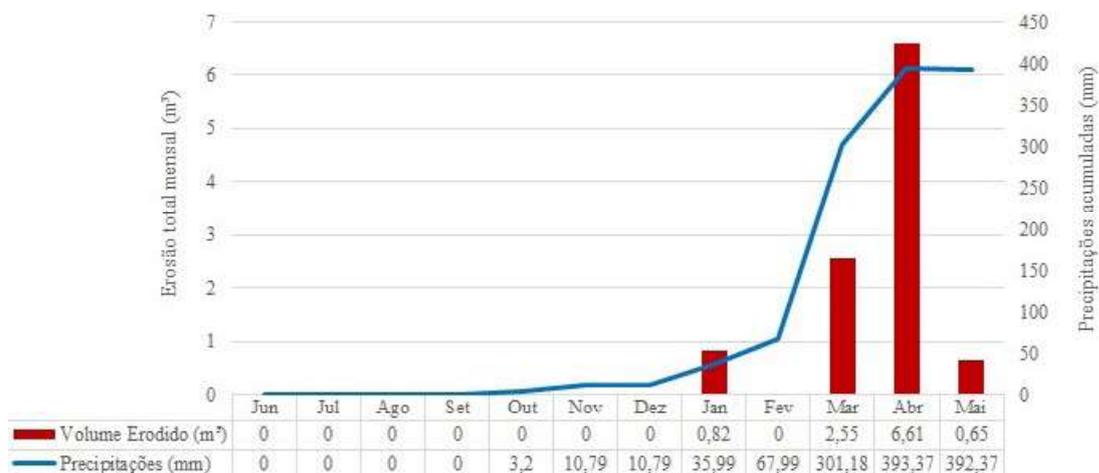


Figura 6 - Comportamento das vazões mensais e o volume total erodido por mês nas áreas monitoradas.

Conforme a figura 6, os processos de perda de margem passaram a ser observados, justamente quando se iniciou a quadra chuvosa. Durante os meses de estiagem não foi registrada erosão nas áreas monitoradas. Fernandes e Fulfaro (1993), em estudos no rio Paraná, observaram comportamento semelhante ao do rio Jaguaribe, ou seja, no período de estiagem a taxa de erosão em algumas margens mantiveram-se baixa, mas com a regularização das

precipitações a erosão média aumentou consideravelmente.

As vazões e o nível do rio Jaguaribe durante o período de monitoramento apresentaram algumas oscilações, mas estas não foram suficientes para atuarem intensivamente na erosão das margens monitoradas, conforme a figura 7. Vale ressaltar que tais fatores hidrológicos são considerados um dos mais importantes no processo de erosão de margens.



Figura 7 - Comportamento das vazões mensais e o volume total erodido por mês nas áreas monitoradas.

Como se pode observar na figura 7, o mês de abril que apresentou o maior volume total erodido para as áreas monitoradas, exibiu a menor vazão mensal. Por outro lado, pode ser observado que no mês de fevereiro apresentou a maior vazão média mensal (27,05 m³ s⁻¹), não sendo observado em nenhuma área volume erodido.

Como já relatado anteriormente, o comportamento

das vazões não repercutiu de forma direta na erosão das margens do rio Jaguaribe para o período estudado, apesar das secções Água Fria e Sucurubá I terem apresentados pinos erodidos pela ação fluvial (Figura 8). A maioria dos pinos dispostos nas margens foram expostos devido ação pluvial como pode ser evidenciado na Figura 9.



*Figura 8 - Pino exposto decorrente da ação da erosão fluvial (Seção Sucurujuba I).*



*Figura 9 - Pino exposto decorrente da ação pluvial (Seção Canela I).*

Para o período estudado que foi de junho 2014 a maio de 2015, totalizando 12 meses de análise, a taxa e o volume erodido estão representados na tabela 2. Tal intervalo de observação abrangeu um período seco (junho – janeiro) e um período de precipitações (fevereiro – maio), porém com chuvas abaixo da média histórica.

Como representado na tabela 2, a taxa de erosão e o volume erodido nas áreas consideradas conservadas (AC) e parcialmente conservadas (APC) apresentaram valores menores comparadas as áreas

degradadas (AD). Isto mostra a importância da mata ciliar na estabilidade das margens.

Dentre as áreas degradadas a seção Izídio apresentou o maior volume erodido sendo este de 6,06 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>. Dentre as áreas conservadas, a seção Sucurujuba II, apresentou o menor volume (0,19 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>). Já na seção Sinhã, que apresenta características de área parcialmente conservada, observou-se a menor quantidade de material erodido para o período monitorado, sendo este de apenas 0,18 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>.

**Tabela 2: Taxa de erosão (recoo de margem) e volume de material erodido.**

Tipo de Área	Seção	Taxa de erosão (cm ano <sup>-1</sup> )	Volume de material erodido (m <sup>3</sup> )	Volume de material erodido por tipo de área (m <sup>3</sup> )
Área Conservada (AC)	Água Fria	6,00	0,96	1,39
	Rio Cruzes	1,72	0,23	
	Sucurujuba II	1,41	0,20	
Área Parcialmente Conservada (APC)	Canela II	1,66	0,20	1,52
	Sinhã	1,50	0,18	
	Sucurujuba I	11,41	1,14	
Área Degradada (AD)	Izídio	30,33	6,06	7,77
	Rio Eduardo	3,11	0,87	
	Canela I	7,05	0,84	

Em trabalhos realizados por Andrade e Cavalcante (2014) no rio Jaguaribe, entre os anos de 2012 e 2013, também foi observado que margens com presença de vegetação apresentaram baixos volumes de solo erodido, porém nas margens com ausência de vegetação o volume erodido foi superior as margens vegetadas.

Carmo (2003), utilizando a metodologia dos pinos de erosão, em trabalhos realizados nas margens do canal Santa Amélia, localizado no Estado do Rio de Janeiro, percebeu que os pinos que apresentaram maiores

recoos foram aqueles instalados onde a vegetação, em momento alguns não chegou a se desenvolver ou o fez de forma muito rarefeita.

Cavalcante (2012), em estudos no rio Jaguaribe utilizando metodologia semelhante à do trabalho em questão, obteve resultados que se assemelham ao da pesquisa. Porém, a taxa de recoo médio (m ano<sup>-1</sup>) e o volume de material erodido das margens com ausência de vegetação para o período avaliado foram bem superiores conforme a tabela 3.

**Tabela 3: Aspecto da erosão de margens de acordo com os pinos de erosão.**

Seção	Vegetação	Taxa de recoo (m ano <sup>-1</sup> )	Volume erodido (m <sup>3</sup> ano <sup>-1</sup> )
1	Arbustivo densa	0,05	0,52
2	Rala	10-15	105-157
3	Arbustiva densa	Inalterada	-
4	Arbustiva esparsa	0,07	0,52
5	Rala	2,8	45,36

Em trabalhos de monitoramento de perda de margens fluviais empregando a metodologia dos pinos, realizados no rio São Francisco, no perímetro irrigado Cotinguiba/Pindoba no Estado de Sergipe, Casado *et al.* (2002) estabeleceu três seções de acompanhamento (A, B e C), encontrando valores de volume erodido de respectivamente, 518,91 m<sup>3</sup>, 36.099,94 m<sup>3</sup> e 208,79 m<sup>3</sup>. Estes valores são muito elevados comparados aos encontrados na pesquisa em questão, porém vale ressaltar que o rio São Francisco, apresenta características muito diferentes do rio Jaguaribe. Apesar de percorrer uma grande área no semiárido brasileiro, suas nascentes se encontram numa área de clima mais úmida, proporcionando assim, vazões mais elevadas.

Para o período avaliado no rio Jaguaribe a taxa de recuo de margem e o volume erodido foi considerada baixa. Tal fato pode ser explicado devido as baixas precipitações na região, sendo considerado mais um ano de seca, assim como o comportamento das vazões e do nível do rio que apresentaram baixos valores durante a pesquisa.

Apesar dos baixos volumes apresentados, é importante frisar que os dados obtidos apresentam apenas a realidade de alguns pontos do rio. Além do mais como foi percebido, as áreas sem vegetação sofrem mais com a erosão. Ao longo do trecho monitorado foram identificados vários pontos em que vegetação ciliar foi completamente removida, aumentando a vulnerabilidade das margens aos processos erosivos, pois apesar de ser um processo natural, a erosão de margens pode ser acelerada pelos usos não planejados do solo.

Destacamos ainda que os dados de erosão foram obtidos em um ano considerado seco, ou seja, com precipitações abaixo da média histórica, o que leva a compreender que em períodos de chuvas acima da média, a taxa e o volume de erosão podem ser aumentados consideravelmente, assim como em situações de aumento das vazões e do nível do rio.

### **Considerações Finais**

Para o período estudado as precipitações observadas ficaram abaixo da média histórica. Já as variações no nível e nas vazões do rio Jaguaribe, apresentaram algumas oscilações, sendo notado que as maiores vazões se concentraram nos meses de estiagem, enquanto na quadra chuvosa, o nível e as vazões do rio mostram-se inferiores.

O recuo das margens, assim como o volume erodido para o período avaliado foi considerado baixo. Isto pode estar relacionado diretamente as reduzidas vazões e as oscilações do nível do rio, assim como as baixas precipitações observadas que ficaram abaixo da média histórica. Vale destacar que as áreas degradadas apresentaram as maiores taxas de recuo e volumes erodido, comparado as áreas conservadas e parcialmente conservadas.

Como a taxa de perda de solo não é constante durante ano, verificou-se que ela é nula no início, ou seja, no período de estiagem (sem chuva) e vai crescendo com o aumento das precipitações, porém volta a diminuir no final do período avaliado, justamente, coincidindo com o início da estação seca, onde as precipitações vão sendo reduzidas.

Diante disto, pode-se afirmar que para o período avaliado a principal variável atuante nos processos de erosão de margens no rio Jaguaribe foram as precipitações, haja visto que as vazões e o nível do rio Jaguaribe, apesar de serem condicionante erosivas importantes, não foram suficientes para erodir as margens durante o período avaliado.

De forma conclusiva, o presente trabalho contribuiu para o entendimento da dinâmica dos processos erosivos no rio Jaguaribe, abrindo caminho para novos estudos sobre a temática, principalmente na região semiárida, assim como reforça a importância de manter preservada a vegetação ciliar que atua no controle da erosão, haja visto que a erosão de margens além de trazer mudanças no equilíbrio ambiental, proporciona problemas de ordem social e econômica.

### **Referências Bibliográficas**

- ANDRADE, J.H.R.; CAVALCANTE, A. A. Processos erosivos marginais no Baixo Jaguaribe: Estudo de caso no rio Jaguaribe – Ceará – Brasil. **Revista GEONORTE** (Edição Especial), v.5, n.20, p.429-432, 2014.
- CARMO, M. H. C. do. **Mudanças na dinâmica do canal Santa Smélia em função da urbanização**: Belford Roxo - RJ/Verão 2001-2002. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2003.83p.
- CASADO, A.P.B; HOLANDA, F.R.R.; ARAÚJO FILHO, F.A.G; YAGUIU, P. Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco (Perímetro irrigado de Cotinguiba/Pindoba – SE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.1, p.231-239, 2002.

CAVALCANTE, A. A. **Morfodinâmica fluvial em rios semiáridos**: O rio Jaguaribe a jusante da barragem do Castanhão – CE – Brasil. Tese (Doutorado em Geografia. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012. p.249.

CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S.B. da (2011). Dinâmica Fluvial no Semiárido e Gestão dos Recursos hídricos: enfoques sobre a bacia do Jaguaribe-Ce. In: MEDEIROS, C.N. de et al. (Org.). **Os Recursos Hídricos do Ceará**: integração, Gestão e Potencialidades. IPECE, Fortaleza: p. 83-112.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Baixo Jaguaribe / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos**. Fortaleza: INESP, 2009.p.104.

CUNHA, S.B.da; GUERRA, A.J.T (2011). Degradação Ambiental. In: GUERRA, J.T.; CUNHA, S.B.da. **Geomorfologia e meio ambiente**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro: p. 337-380.

FERNANDEZ, O. V. Q.; FULFARO, V. J. Magnitudes e processos da erosão marginal no rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR. **Geografia**. Rio Claro, n. 18, p. 97 – 114, 1993.

FERNANDEZ, O.V.Q. **Mudanças no Canal Fluvial do rio Paraná e Processos Erosivos nas Margens**: região de Porto Rico-PR. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1990. 86p.

HOOKE, J. Magnitude and distribution of rates of river bank erosion. **Earth Surface Processes**. n.5, p.143-157, 1980.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E. de (2008). Erosão marginal e evolução hidrodinâmica no sistema rio-planície fluvial do Alto Paraná-Centro Sul do Brasil. In: NUNES, J.O.R.; ROCHA, P. C. (org.). **Geomorfologia**: aplicações e metodologias. Expressão Popular, São Paulo: p.127-149.