

A erosão e suas implicações na morfologia da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, Estado Pará, Brasil

Odete Cardoso de Oliveira Santos*

Universidade Federal do Pará, Brasil

Resumo: As águas dos igarapés que compõem a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, localizada no nordeste do Estado do Pará, abrangendo áreas dos municípios de Castanhal (70%), Inhangapí (10%) e Santa Izabel do Pará (20%), são muito utilizadas pelos ribeirinhos e pequenos agricultores. Por isso nesta pesquisa mostrar-se que a erosão acelerada pelas atividades antrópicas contribuem para mudanças na morfologia dos canais fluviais que compõem a microbacia. Para medir a erosão da encosta, recorreu-se à metodologia das Estacas; para a erosão marginal ao longo dos igarapés, utilizou-se a metodologia dos Pinos e das Estacas, as análises físico-químicas dos sedimentos das voçorocas e de fundo dos igarapés foram determinadas pelas técnicas descritas por Guimarães *et al.* (1970), EMBRAPA (1997) e Silva (1999). As medidas de profundidade dos igarapés foram realizadas usando a haste do molinete a vau por ocasião das medições de vazões nas seções transversais dos igarapés. De acordo com os resultados, a perda de solo pela erosão de encosta foi da ordem de 74,02 m para o período de outubro de 2002 a julho de 2003. O igarapé Apeú, o principal da micro bacia, num trecho de 50 m no interior da fazenda Morro Verde deixou de percorrer o seu canal normal por causa da produção de sedimentos provenientes de sulcos, ravinas e voçorocas que ocorrem no interior dessa fazenda. Nesse mesmo igarapé no período menos chuvoso, na Agrovila de Macapazinho, médio curso, o nível das águas alcançou 0.5 m e no período chuvoso atingiu 3.0 m. Nos igarapés há predominância da carga de leito.

Palavras-chave: *Erosão, micro bacia, igarapé Apeú, sedimentos, carga de leito.*

La erosión y sus implicaciones en la morfología de la micro cuenca del Igarapé Apeú, Estado do Pará, Brasil

Resumen: Las aguas de los canales que componen la micro cuenca del canal Apeú, ubicada en el nordeste del estado del Pará, en tierras de los municipios de Castanhal (70%), Inhangapí (10%) y Santa Isabel do Pará (20%), son muy aprovechadas por los ribereños y pequeños campesinos. Por eso, en esta investigación se muestra que la erosión acelerada por las actividades antrópicas contribuye a los cambios de la morfología de los canales fluviales que componen la microcuenca. Para medir la erosión en pendiente se empleó la metodología de las estacas; para la erosión marginal en los canales se utilizó la metodología de los Pinos y de las Estacas. Los análisis físicoquímicas de los sedimentos de los barrancos y del fondo de los canales fueron determinados por las técnicas descriptas por Guimarães *et al.* (1970), EMBRAPA (1997) y Silva (1999). La profundidad de los canales se midió usando el molinete en vado, en el momento de las mediciones de los caudales en las secciones transversales de los canales. De acuerdo con los resultados, la pérdida de suelo por la erosión de la pendiente llegó a 74,02 m en el periodo de octubre de 2002 a julio de 2003. El canal Apeú, el principal de la microcuenca, en la hacienda Morro Verde abandonó su lecho normal por espacio de 50 metros, a causa de los sedimentos provenientes de surcos, zanjas y barrancos formados en el interior de la

Recibido: 16 de noviembre de 2007. **Aprobado:** 12 de febrero de 2008.

* ocos@ufpa.br

hacienda mencionada. En ese mismo canal, en el periodo menos lluvioso, en la villa agrícola de Macapazinho, en la mitad del lecho, el nivel de las aguas alcanzó 0,5 m; en el periodo lluvioso llegó a 3,0 m. En los canales predomina la carga del lecho.

Palabras clave: Erosión, microcuenca, canal Apeú, sedimentos, carga de lecho.

Erosion and its implications on the morphology of the hydrographic microbasin of Apeu stream in Pará state

Abstract: The waters of the streams that are part of the hydrographic basin of Apeú, in the Northeast of the state of Pará, comprise the areas of Castanhal (70%), Inhangapi (10%) and Santa Izabel do Pará (20%) towns. These waters are intensely used by the populations close to the river and small farmers. The aim of this research was to examine accelerated erosion caused by human activities, which contribute to the changes of the morphology of the rain water gullies that are part of the microbasin. In order to measure erosion, the Poles methodology was used; to measure the marginal erosion, the Pins and Poles methodology were used, while the physical-chemical analyses of the sediments of the erosion and of the riverbeds were carried out by the techniques described by Guimarães *et al.* (1970), EMBRAPA (1997) and Silva (1999). Depth measurements were obtained by the use of a windlass when measuring the water drain out in the cross-sections of the streams. According to these results, soil losses due to erosion were about 64,02 m during the period from October 2002 to July 2003. The Apeú stream, which is the microbasin's principal one, and normally goes throughout 50 m inside Morro Verde farm, did not follow its normal course due to the production of sediments and lines, and then it is deviated to the Buriti farm. In the less rainy season this same stream, in Macapazinho Agro-village, average course, the water level reached 0,5 m, while in the rainy season it amounted to 3,0 m. There is a predominance of bed cargo in the streams.

Keywords: Erosion, microbasin, igarapé Apeú, sediments, bed cargo.

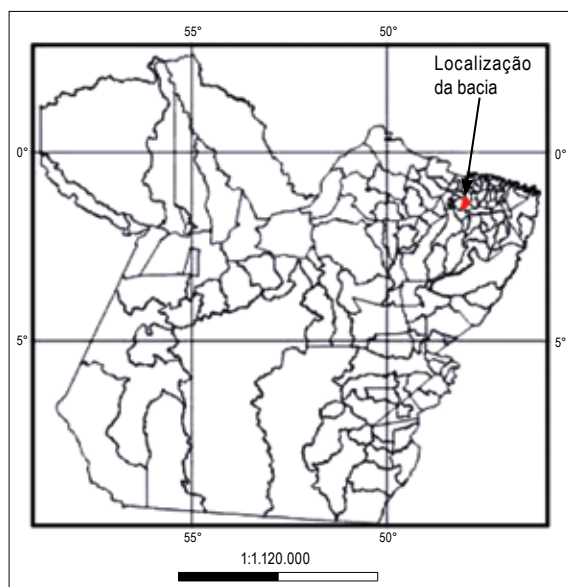
A erosão e suas implicações na morfologia da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, Estado Pará

Introdução

A preocupação com os grandes rios da Amazônia tem levado os administradores como a população a esquecer da importância das microbacias hidrográficas como mananciais alimentadoras das bacias maiores. Por isso, há um grande desrespeito no trato com os pequenos cursos de água, com a destruição da cobertura vegetal ao longo de suas margens e nascentes, as quais são utilizadas como bebedouro de animais nos interiores das fazendas e os trechos dos canais como travessia de animais e tratores, que contribuíram para destruição das margens dos canais. Para completar a destruição têm-se:

as construções de estradas vicinais com tubulações inadequadas para a vazão dos igarapés e sem canaletas para drenagem das águas das chuvas, trechos de igarapés transformados em lagos para balneários e entupimento das suas nascentes nas áreas urbanas para propiciar loteamentos habitacionais. Como a microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, no nordeste do Pará (figura 1), que abrange áreas dos municípios de Castanhal (70%), Inhangapi (10%) e Santa Izabel do Pará (20%), localizada entre as coordenadas 1° 12' e 1° 27' S e 47° 54' e 48° 05' W, é muito utilizada pelas populações locais e do seu entorno de modo inadequado, a preocupação com a destruição dos cursos d'água que a compõem levou a desenvolver o estudo sobre a influência da erosão na transformação da morfologia dos mesmos.

FIGURA 1. Localização da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú, Estado do Pará.



Fonte: Santos, O. C. de O. (2006).

Objetivo

A finalidade desse trabalho foi mostrar como a erosão acelerada pelas atividades humanas na área da microbacia hidrográfica do Igarapé Apeú tem contribuído para mudanças na morfologia dos canais fluviais que a compõe.

Metodologia

Para desenvolver esse trabalho, realizaram-se medidas de erosões da encosta e marginal na área da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú de outubro de 2002 a julho de 2003.

A erosão de encosta foi executada monitorando cinco voçorocas, dentre as que existem na área da microbacia hidrográfica, obedecendo a seguinte disposição: três no igarapé Apeú e duas no igarapé São João (Tabela 1 e figura 2).

O monitoramento das voçorocas foi realizado usando a metodologia descrita por Guerra (1996), instalando estacas de 5 cm de largura por 50 cm de comprimento, enterradas até 40 cm. Os 10 cm restantes ficaram acima do solo, onde foi colocada a numeração para facilitar o reconhecimento por ocasião da medição do recuo da borda em direção à estaca. A distância da estaca em direção à borda da voçoroca é de preferência de 5 m; na fazenda Morro Verde foi de 9 m a 10 m. A distância entre estacas foi 1,5 m, mas devido à presença de tocos de árvores ou devido à compactação do solo, chegou até 1,70 m. Nas fazendas Buriti e Morro Verde, devido ao comprimento das voçorocas, essas distâncias foram ultrapassadas (Santos 2006, 58).

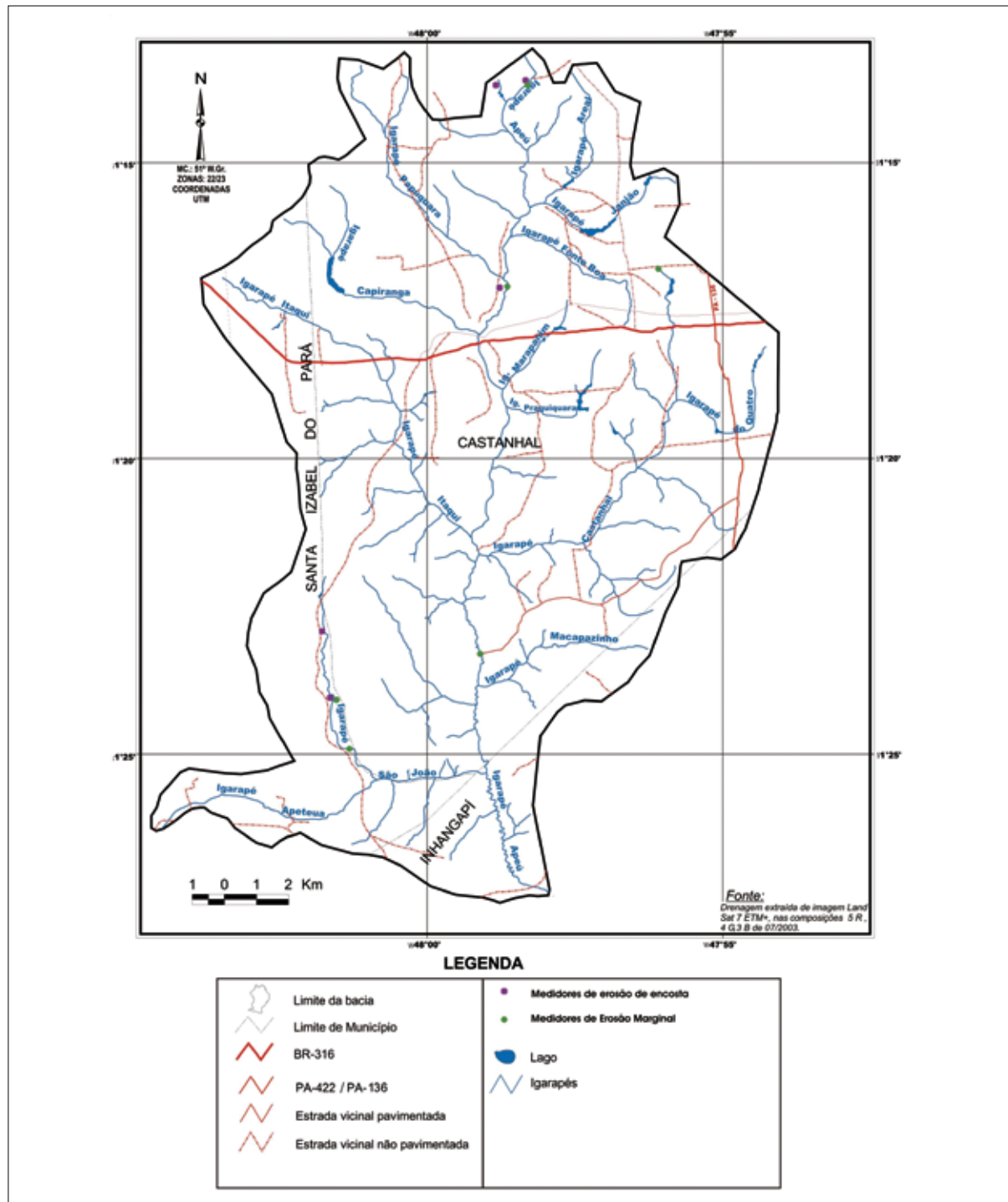
As estacas para o monitoramento das voçorocas na chácara Paraíso, agrovila São João e sítio São Sebastião foram instaladas em agosto de 2002 e nas fazendas Buriti e Morro Verde em

TABELA 1. Localização das voçorocas monitoradas na microbacia hidrográfica do igarapé Apeú.

LOCALIDADE	IGARAPÉ APEÚ	IGARAPÉ SÃO JOÃO
	Coordenadas Geográficas	Coordenadas Geográficas
Agrovila São João	—	1° 23'59,1" S 48° 01' 41,2" W
Chácara Paraíso	1° 17' 06,7" S 47° 59' 07,7" W	—
Fazenda Buriti	1° 13'41,8" S 47° 58' 15,9" W	—
Fazenda Morro Verde	1° 13'36,8" S 47° 58' 50,4" W	—
Sítio São Sebastião	—	1° 23'58,8" S 48° 01' 46,2" W

Fonte: Santos 2006, 4.

FIGURA 2. Mapa de drenagem da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú.



outubro de 2002, e a coleta das informações começou em novembro de 2002 (Santos, 59).

Na fazenda Morro Verde, sítio São Sebastião e na chácara Paraíso, as estacas foram conservadas em suas posições iniciais. Nesta última, o proprietário mandou aterrar a voçoroca em fevereiro de 2003 e na primeira quinzena de junho de 2003 plantou gramíneas sobre a cicatriz da voçoroca (Santos, 59).

Na agrovila São João foram instaladas 27 estacas, mas a partir de abril de 2003 foram retiradas as estacas 11,14,15,16 e 18 por algum morador da agrovila (Santos, 59).

A erosão marginal foi medida ao longo do igarapé Apeú por ser o principal formador da microbacia e atravessar tanto as áreas rural e urbana; nas nascentes do igarapé Castanhal por estar sofrendo entulhamento proposital; e ao longo do igarapé São João por atravessar apenas a área rural (Santos, 55). Recorreu-se as técnicas dos Pinos de erosão (Wolman 1959; Fernandez 1990; Cunha 1996; Mota 2001): a quantidade de pinos foi determinada de acordo com a altura da margem em relação ao nível d' água conforme (tabela 2).

As distâncias entre os pinos que compunham as colunas foram 1.5 m. As distâncias entre as linhas no igarapé São João foram 0,45 m; no igarapé Apeú, 0,80 m. Não foi possível instalar mais matrizes ao longo dos igarapés porque as áreas eram de fácil acesso à população, que podia retirar os pinos (Santos, 56).

Desapareceram os pinos da nascente do igarapé Castanhal. Após a leitura do dia oito de

novembro de 2002, no igarapé Apeú, na chácara Paraíso, só foi possível fazer a leitura o 25 de outubro de 2002, porque o proprietário da chácara resolveu fazer uma obra a partir de dezembro, sem comunicá-lo. Os pinos se perderam. Na agrovila de Macapazinho fez-se a leitura dos pinos o 25 de outubro de 2002. A partir de janeiro de 2003, os pinos ficaram cobertos pelas águas até por volta do 25 de julho de 2003, sendo retirados por um adolescente que tomava banho no igarapé, segundo os moradores da agrovila (Santos, 57).

Estacas de madeira (Hughes 1977; Fernandez 1990; Mota 2001). Utilizadas nas margens muito arenosas e de fácil desmoronamento, cujo recuo da borda em relação à estaca é medido com uma trena, e os resultados anotados em uma caderneta.

Esta metodologia foi usada nas nascentes dos olhos d' água, no interior da fazenda Morro Verde, onde foram instaladas 16 estacas (Santos, 57) com distâncias de 1.5 m entre elas, porque havia muita erosão às margens do igarapé (figura 3).

Para conhecer a textura e os elementos químicos dos sedimentos das voçorocas e de fundo, realizaram-se análises físico-químicas no Laboratório de Solos do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido, da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (CPATU/ EMBRAPA), seguindo as técnicas descritas por Guimarães *et al.* (1970); EMBRAPA (1997) e Silva (1999), apud Santos (70).

TABELA 2. Distribuição dos pinos no interior das margens ao longo dos igarapés.

TAMANHO DAS MATRIZES	IGARAPÉ APEÚ	IGARAPÉ CASTANHAL	IGARAPÉ SÃO JOÃO
2X4	Chácara Paraíso e agrovila Macapazinho	-	Agrovila São João
2X3	-	-	Agrovila Trindade
1X3	-	Nascente do igarapé	-

Fonte: Santos 2006, 56.

FIGURA 3. Instalação das estacas, fazenda Morro Verde, município de Castanhal. PA. Setembro de 2002.



Fonte: Santos, 57.

Os sedimentos de fundo foram coletados por uma draga, por ocasião das medições de vazões. Também se obtiveram medidas do perfil molhado da seção transversal tanto para o período menos chuvoso como para o chuvoso, para melhor conhecimento dos sedimentos transportados (Santos, 65).

Resultados

De acordo com os resultados, verificou-se que as voçorocas monitoradas nas fazendas Buriti e Morro Verde desenvolveram num solo Argissolo Amarelo do tipo PAd4, distrófico típico A moderado, texturas arenosa e média associada ao Neossolo Quartzarênico e ao Espodossolo Ferrocárbico excessivamente arenoso, relevo plano apresenta drenagem interna imperfeita, imprópria para agricultura e pecuária, (Santos 2005, 5914) correspondendo a 4,11% da área da microbacia hidrográfica do igarapé Apeú (Santos, 100).

Nas fazendas Buriti e Morro Verde, observou-se que a perda de solo no período de 23 de outubro a 26 de novembro de 2002 foi de 2.29 m na primeira e 2.43 m na segunda (tabela 3). Isso ocorreu porque a textura arenosa do solo (tabela 4) resseco, mais o pisoteio do gado, provocaram queda de torrões de areia na base das voçorocas, ocasionados pela falta de matéria orgânica (tabelas 5 e 6), a qual é importante na formação

TABELA 3. Avanço das voçorocas nas Fazendas Buriti e Morro Verde, em metros. Município de Castanhal, PA. Período Outubro 2002 a Julho de 2003.

LOCAL	PERÍODO								
	2002	2002/03	2003						Total
	23/10 a 26/11	26/11 a 21/01	21/01 a 15/02	15/02 a 26/03	26/03 a 17/04	17/04 a 30/05	30/05 a 19/06	19/06 a 30/07	
Fazenda Buriti	2,29	0,14	0,24	1,22	0,36	0,97	0,54	0,27	6,03
Fazenda Morro Verde	2,43	1,3	1,58	4,37	2,22	1,55	0,0	0,0	13,45

Fonte: Santos, 129.

TABELA 4. Característica textural dos sedimentos da voçoroca nas fazendas Buriti (1) e Morro Verde (2), município de Castanhal. Período: novembro de 2002 a fevereiro de 2003.

PERÍODO	TEXTURA g/kg							
	Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Nov./02	470	570	440	350	70	40	20	40
Jan./03	590	440	340	460	30	20	40	80
Fev.	380	560	450	360	70	20	100	60

Fonte: Santos.

TABELA 5. Fertilidade das amostras dos sedimentos da voçoroca na fazenda Buriti, município de Castanhal. Período: novembro de 2002 a fevereiro de 2003.

PERÍODO	ELEMENTOS QUÍMICOS							
	ph	MO %	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Na mg/dm ³	Ca cmol/dm ³	Ca+Mg cmol/dm ³	Al cmol/dm ³
Nov./02	5,9	–	8,0	34,0	18,0	0,5	1,0	0,2
Jan.	5,8	0,4	1,0	17,0	8,0	0,5	0,9	0,2
Fev.	5,9	0,2	1,0	27,0	11,0	0,6	1,0	0,2

P = Fósforo trocável; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = Cálcio trocável;
Ca+ Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.

Fonte: Santos, 134.

TABELA 6. Fertilidade dos sedimentos da voçoroca na fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Período novembro de 2002 a fevereiro de 2003.

PERÍODO	ELEMENTOS QUÍMICOS							
	ph	MO %	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Na mg/dm ³	Ca cmol/dm ³	Ca+Mg cmol/dm ³	Al cmol/dm ³
Nov./02	5,9	–	1,0	20,0	10,0	0,6	0,9	0,2
Jan.	5,3	2,12	2,0	27,0	8,0	0,5	1,0	0,2
Fev.	5,7	1,8	8,0	19,0	4,0	0,5	0,9	0,2

P = Fósforo trocável; K = potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = Cálcio trocável;
Ca+ Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.

Fonte: Santos, 135.

de agregados, fornecendo estabilidade ao solo. De um modo geral, a perda de solo no período de outubro de 2002 a julho de 2003, nas fazendas Buriti e Morro Verde, foi 6,03 m e 13,45 m, respectivamente (Santos, 135).

A produção de sedimentos, advindo das duas fazendas, contribuiu para a colmatagem do igarapé Apeú na fazenda Morro Verde por uns 50 m, desviando o curso do mencionado igarapé para o interior da fazenda Buriti (figura 4). Posteriormente, o igarapé Apeú voltou a percorrer o interior da fazenda Morro Verde por um canal estreito, com profundidade de 0,50 m (figura 4B) até atingir uma área soterrada, voltando a alargar o seu canal de tal forma que passa a escoar de forma aleatória e superficialmente (figura 4C) até atingir um trecho no interior dessa fazenda, no qual o canal torna-se mais profundo. Prosseguindo num canal mais definido e com

direção mais determinada, apesar das variações de profundidades do seu canal.

A voçoroca na chácara Paraíso desenvolveu-se no solo Neossolo Flúvico (RUbd), tipo de solo mineral hidromórfico com alto teor de material orgânico pouco evoluído, constituído de sedimentos aluviais recentes, depositados periodicamente durante as inundações nas margens dos rios e igarapés, indicado para preservação ambiental corresponde a 16,58% da área da microbacia.

A perda de solo por conta dessa voçoroca chegou a 17,84 m. No período de 21 de janeiro a 15 de fevereiro de 2003 ocorreu a maior perda: 5,28 m (tabela 7; Santos, 136). As análises físico-químicas dos sedimentos dessa voçoroca acusaram ser de textura arenosa (tabela 8), sem presença de matéria orgânica, antes de ser aterrada. A partir de fevereiro apresentou a textura

FIGURA 4. Igarapé Apeú: A) Colmatagem do canal no interior da fazenda Morro Verde, deslocando o curso do igarapé para o interior da Fazenda Buriti; B) Curso do igarapé no interior da Fazenda Morro Verde; C) Curso difuso.

A)



B)



C)



Fonte: Santos, 197.

franco-arenosa. Acredita-se que essa mudança tenha ocorrido devido a influência do material usado no aterramento, com apenas 0,8% de matéria orgânica (tabela 9), quantidade insuficiente para formação de agregados.

Ao todo, a perda de solos provenientes das voçorocas monitoradas na encosta do igarapé Apeú foi 36,96 m, levados pelo escoamento superficial para dentro do canal do igarapé.

As voçorocas na encosta da sub-bacia do igarapé São João se desenvolveram no solo Argissolo Amarelo distrófico latossólico A moderado, textura arenosa e média, associado ao latossolo amarelo distrófico A moderado, textura média, relevo plano, o PAD1, o qual não apresenta limitações para emprego de máquinas e implementos agrícolas. Pelo uso sem a preocupação com as técnicas de conservação do solo, ocorreu o processo erosivo.

A perda de solo por causa das voçorocas monitoradas na agrovila de São João e sítio São Sebastião foi 36,70 m. A maior perda de solo na agrovila São João, no período de 19 de março a 17 de abril de 2003, foi 4,72 m, no sítio São Sebastião, a máxima perda alcançada foi 4,46 m, entre 21 de janeiro a 15 de fevereiro de 2003 (tabela 10). Essa perda de solo tem sido levada pelo escoamento superficial para o canal do igarapé São João, conforme se visualiza no traçado do perfil da seção molhada (figura 5) na Agrovila São João. Nota-se que há um processo de agradiação do lado direito do canal. A velocidade média desse igarapé nessa seção molhada foi nula no período menos chuvoso, enquanto que no período chuvoso a velocidade média foi da ordem de 0,09 m/s (Santos, 160).

TABELA 7. Perda de solo da voçoroca na Chácara Paraíso em metros, município de Castanhal (PA). Período: 15 de agosto de 2002 a 10 de julho de 2003.

LOCAL	PERÍODO				TOTAL (m)
	15/08/02 a 08/11/02	08/11/02 a 15/02/03	15/02/03 a 19/03/03	19/03/03 a 10/07/03	
Chácara	3,8	5,28	1,93	6,83	17,84

Fonte: Santos, 136.

TABELA 8. Textura dos sedimentos da voçoroca na Chácara Paraíso, município de Castanhal. Período: novembro de 2002 a fevereiro de 2003.

PERÍODO	TEXTURA g/kg			
	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Nov./02	870	110	0	20
Fev./03	250	490	120	140

Fonte: Santos, 138.

TABELA 9. Fertilidade dos sedimentos da voçoroca na Chácara Paraíso, município de Castanhal. Período: novembro de 2002 a fevereiro de 2003.

PERÍODO	ELEMENTOS QUÍMICOS							
	ph	MO %	P mg/dm ³	K mg/dm ³	Na mg/dm ³	Ca cmol/dm ³	Ca+Mg cmol/dm ³	Al cmol/dm ³
Nov./02	6,2	–	1,0	4,0	4,0	0,4	0,7	0,1
Fev./03	5,2	0,8	1,0	37,0	15,0	0,7	1,1	0,5

P = Fósforo trocável; K= potássio trocável; Na = sódio trocável; Ca = Cálcio trocável; Ca+ Mg = cálcio + magnésio trocável; Al = alumínio trocável.

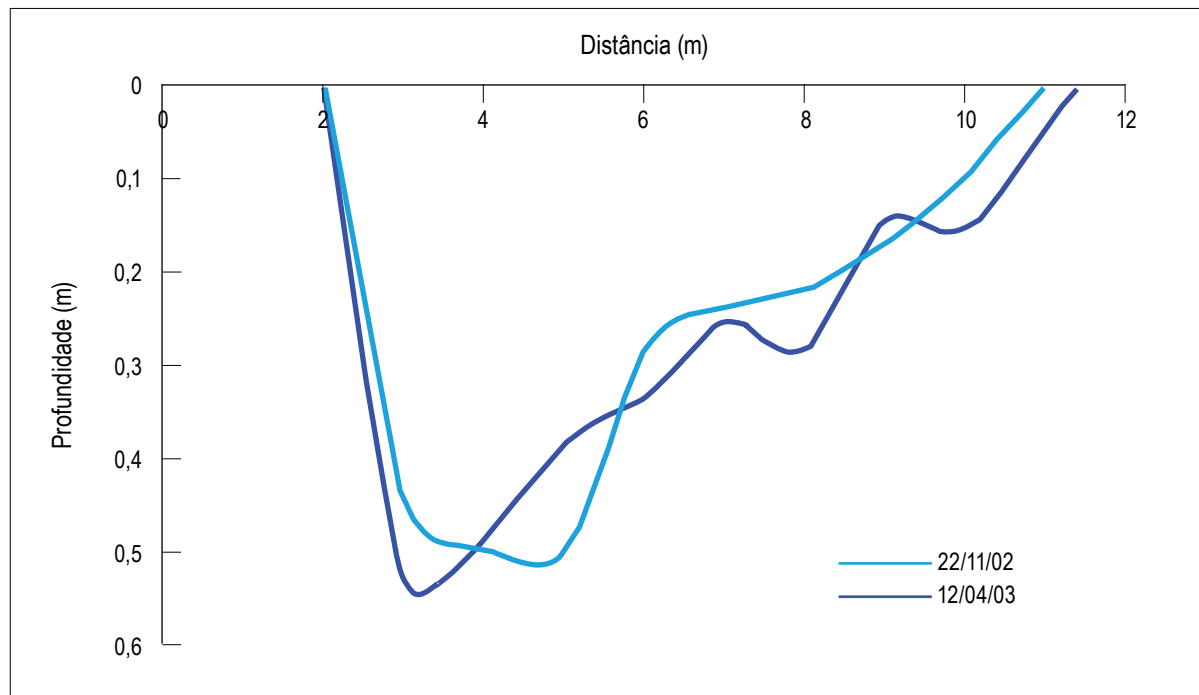
Fonte: Santos, 139.

TABELA 10. Perda de solo das voçorocas na agrovila de São João e Sítio São Sebastião, município de Santa Izabel do Pará (PA). Período: 15 de agosto de 2002 a 30 de julho de 2003.

LOCAL	PERÍODO								TOTAL
	2002	2002/03	2003						
	15/08 a 08/11	08/11 a 21/01	21/01 a 15/02	15/02 a 19/03	19/03 a 17/04	17/04 a 21/05	21/05 a 19/06	19/06 a 30/07	
Ag. São João	4,31	2,39	1,19	2,37	4,72	2,05	1,90	0,49	19,42
Ag. São Sebastião	2,06	2,54	4,46	1,7	0,91	2,48	1,29	1,89	17,28

Fonte: Santos, 140.

FIGURA 5. Perfil da seção molhada do igarapé São João, agrovila São João, município de Santa Izabel, PA.



Fonte: Santos, 168.

TABELA 11. Textura dos sedimentos das voçorocas São João (1) e São Sebastião (2), Município de Santa Izabel do Pará. Período: janeiro e fevereiro de 2003.

PERÍODO	TEXTURA g/kg							
	Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Jan./03		620		280		40		60
Fev.	480	520	470	370	10	50	40	60

Fonte: Santos, 142.

Observou-se que a textura dos sedimentos provenientes das voçorocas na encosta da sub-bacia do igarapé São João é arenosa (tabela 11).

A erosão marginal das nascentes dos olhos d'água na fazenda Morro Verde, devido serem arenosas, foi medida com estacas. As estacas 4, 6 e 8 caíram antes da primeira medida devido à fragilidade do terreno. Ao longo do monitoramento, verificou-se que várias estacas caíram

(figura 6). Apenas preservaram-se até o final do monitoramento as de números 12 a 16.

De acordo com os resultados (tabela 12), verificou-se que em todas as estacas apresentou-se erosão o 26 de novembro de 2002. Na estaca número 14, a perda de margens foi maior. A figura 6 mostra a quantidade de sedimentos lançada nos locais dos olhos de água.

FIGURA 6. Estacas do monitoramento ao longo dos olhos d'água caídas, fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Período: outubro de 2002 a julho de 2003.



Fonte: Santos, 152.

Segundo Santos (154), os pinos 1 e 4 instalados a 0,45 m e 0,90 m acima da lâmina d'água no igarapé Apeú, na chácara Paraíso, nos meses de agosto a novembro, período menos chuvoso, não apresentaram erosão (tabela 13).

A erosão marginal ao longo do igarapé Apeú foi maior nos pinos mais próximos da lâmina d'água; acredita-se que isso aconteceu por causa do grau de umidade existente nas margens. Esse comportamento foi verificado na chácara Paraíso, solo RUBd, assim como na agrovila Macapazinho, cujo o solo corresponde ao Gleissolo Háplico Tb distrófico típico A moderado, textura argilosa, associado ao Neossolo flúvico Tb distrófico típico A moderado, textura argilosa,

TABELA 12. Perda das margens, em metros, ao longo das nascentes dos olhos d'água na fazenda Morro Verde, município de Castanhal. Período: outubro de 2002 a julho de 2003.

Estacas	DATAS					
	26/11/02	26/03/03	17/04/03	15/05/03	19/06/03	30/07/03
01	0,72	-	-	-	-	-
02	0,48	-	-	-	-	-
03	1,73	-	-	-	-	-
04	-	-	-	-	-	-
05	2,07	-	-	-	-	-
06	-	-	-	-	-	-
07	2,95	-	-	-	-	-
08	-	-	-	-	-	-
09	2,2	-	-	-	-	-
10	1,51	0,39	0,04	0,76	0,82	-
11	2,35	0,95	0,2	0,1	0,3	-
12	0,61	0,09	0,8	0,1	0,0	0,3
13	1,87	0,53	0,95	0,05	0,15	0,05
14	2,79	0,18	0,02	2,37	0,31	0,15
15	0,67	0,38	0,15	0,52	0,0	0,13
16	0,14	0,29	0,12	0,15	0,3	0,14

Fonte: Santos, 153.

TABELA 13. Medidas de erosão marginal em metros no igarapé Apeú, chácara Paraíso e agrovila de Macapazinho, município de Castanhal. Período: agosto a novembro de 2002.

LOCAL	PINOS 0,90 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA				PINOS 0,45 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Chácara Paraíso	0,0	0,0	0,007	0,0	0,0	0,19	0,0	0,0
Agrovila Macapazinho	0,01	0,012	0,019	0,0	0,02	0,06	0,068	0,04

Fonte: Santos, 54.

relevo plano. Solo mineral hidromórfico, pouco evoluído e profundo (GXbd1).

Nas margens do igarapé Castanhal, por causa da altura da lâmina d'água, só foi possível colocar-se pinos a 0,30 m. Conforme tabela 14, pode se ver que a erosão da margem direita foi maior no período chuvoso do que no período menos chuvoso. Não foi possível realizar as leituras dos pinos em abril porque foram retirados. Vale salientar que o solo dessa margem é RUBd.

TABELA 14. Medidas de erosão marginal, em metros, do igarapé Castanhal, município de Castanhal. Período: agosto de 2002 a abril de 2003.

DATA	PINOS A 0,30 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA			
	1	2	3	Total
08/11/02	0,01	0,0	0,0	0,01
15/02/03	0,02	0,04	0,01	0,07
17/04	0,10	-	-	-
Total	0,13	-	-	-

Fonte: Santos, 157.

TABELA 15. Medidas de erosão marginal em metros no igarapé São João, agrovila São João, município de Santa Izabel do Pará. Período: agosto a novembro de 2002.

LOCAL	PINOS A 0,90 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA				PINOS A 0,45 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Agro. São João	0,01	0,02	0,0	0,002	0,0	0,05	0,015	0,04

Fonte: Santos, 156.

TABELA 16. Medidas de erosão marginal em metros do igarapé São João, agrovila de Trindade, município de Santa Izabel do Pará, PA. Período: agosto de 2002 a julho de 2003.

DATA	PINOS A 0,90 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA				PINOS A 0,45 m ACIMA DA LÂMINA D'ÁGUA			
	1	2	3	Total	1	2	3	Total
09/11/02	0,003	0,02	0,0	0,023	0,003	0,002	0,01	0,015
21/01/03	0,027	0,005	0,0	0,032	0,017	0,013	0,0	0,030
15/02	-	0,005	0,00	0,005	0,0	0,005	0,0	0,005
17/04	-	-	0,02	0,02	água	água	água	
21/05	-	-	0,02	0,02	água	água	água	
30/07	-	-	-		0,02	0,02	0,02	0,06

Fonte: Santos, 157.

As margens do igarapé São João, nas agrovilas de São João e Trindade, caracterizam-se por pertencerem ao tipo de solo GXbd1.

Nas margens desse igarapé, na agrovila de São João, no período menos chuvoso, os pinos a 0,45 m acima da lâmina d'água apresentaram erosões maiores que os de 0,90 m, com exceção do pino 1, o qual não apresentou erosão, enquanto que o pino 1 a 0,90m apresentou 0,01 m de perda de margem (tabela 15).

Na agrovila de Trindade, só foi possível fazer comparações entre as medições dos pinos que estavam a 0,90 m acima da lâmina d'água e os que estavam a 0,45 m nos meses de novembro de 2002 a janeiro de 2003, porque as leituras não estavam viciadas. As medições dos pinos a 0,45 m acima da lâmina d'água não foram realizadas de março a maio de 2003 porque os pinos estavam embaixo d'água.

De acordo com os resultados nas medições de erosão (tabela 16), nota-se uma semelhança na erosão medida em novembro entre os pinos 1 e 2, a 0,90 m e 0,45 m acima da lâmina

d'água, em relação ao pino 3. Somente o que estava a 0,45 m acima da lâmina d'água sofreu uma erosão de 0,01 m. As medições em janeiro de 2003 mostram variações nas leituras dos pinos 1 a 0,90 e 0,45 m acima da lâmina d'água. A erosão é maior do que o pino a 0,90 m acima da lâmina d'água, enquanto que o pino 2, a 0,90 m, mostra uma perda de margem menor do que o pino 2 que estava a 0,45 m. De um modo geral, a perda de margem foi maior nos pinos que estavam a 0,90 m acima da lâmina d'água, por causa da infiltração, do escoamento das águas das chuvas e a fragilidade do solo. Com relação aos 3 pinos que ficaram embaixo d'água, observou-se que cada um apresentou 0,02 m de erosão das margens.

Ao analisar os dados, nota-se que a erosão provocada pelas águas dos igarapés, em contato com as paredes onde construíram os seus canais, é menor do que a ocorrida nas encostas. Portanto, os sedimentos provenientes dessas encostas prejudicam a morfologia dos canais. Isso é constatado quando se observa o banco de areia formado na foz do igarapé Capiranga (figura 7), diminuindo a largura e a profundidade do canal, portanto a área para vazão.

A mesma observação tem-se para o igarapé Itaqui, no trecho do percurso no interior do Complexo Penitenciário Americano e Fazenda Nova Sião, onde o interior do seu canal está tomado por plantas macrófitas (figura 8). Isto prejudica o escoamento das águas.

Nos sedimentos do fundo dos igarapés predominou a textura arenosa, com maior presença de areia grossa, principalmente no período chuvoso, quando a carga do leito sobrepujou a carga de sedimentos de suspensão, com exceção do igarapé Fonte Boa que nesse período, no seu baixo curso, as concentrações de argila foram 37% superiores às concentrações de areias grossa e fina (Santos, 193).

FIGURA 7. Banco de areia na foz do igarapé Capiranga, no igarapé do Apeú, Distrito do Apeú, município de Castanhal.



Fonte: Santos, 190.

FIGURA 8. Canal do igarapé Itaqui, fazenda Nova Sião, município de Santa Izabel do Pará (PA).



Fonte: Santos, 189.

Conclusão

De acordo com os resultados, conclui-se que a erosão da encosta na microbacia hidrográfica do igarapé Apeú é maior do que a erosão marginal. Esse comportamento é a resposta ao uso inadequado do solo. A textura dos sedimentos provenientes das voçorocas é arenosa. Nos sedimentos do fundo dos igarapés predominou a textura arenosa, caracterizando desse modo a falta da mata ciliar nas margens e encostas dos igarapés.

A produção de sedimentos pelas formas erosivas, como as voçorocas, tem contribuído para mudanças nos cursos dos igarapés. Conforme aconteceu com o curso do igarapé Apeú no interior da Fazenda Morro Verde, que sofreu mudança no seu curso normal.

O aparecimento do banco de areia na foz do igarapé Capiranga, desenvolvimento do processo de agradação no igarapé São João, na agrovila São João, detectado no traçado do perfil da seção molhada, e a tomada do canal do igarapé Itaqui pelas plantas macrófitas, desenvolvidas pela grande quantidade de sedimentos que contribuiu para a diminuição da profundidade do seu canal. Ajudam nas alterações na profundidade e área do canal dos igarapés, provocando mudanças na sua morfologia.

Referencias

- Cunha, S.B. da. 1996. Geomorfologia fluvial. Em *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, EMBRAPA, CNPS.
- Fernandez, O.V.Q. 1990. *Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens: região de Porto Rico, Paraná*. Tese de mestrado, UNESP.
- Guerra, A.J.T. 1996. Processos erosivos nas encostas. Em *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Guimarães, G. e Abicalil, M.T. 1990. Plano diretor do município de Angra dos Reis: análise da constituição e proposta para o município. Em *Plano Diretor: instrumento de reforma urbana*. Rio de Janeiro: Federação, Órgãos Assistência Social e Educacional.
- Huges, D. J. 1977. Rates of erosion on meander arcs. Em *River Channel Changes*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Mota, I.S. de A. 2001. *Avaliação da erosão marginal e transporte de sedimentos em suspensão na sub-bacia do Riacho Fundo, Distrito Federal*. Tese de mestrado, UFRJ.
- Santos, O.C. de O. 2005. A declividade e a erosão na bacia hidrográfica do igarapé Apeú. Em *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. São Paulo: FFLCH, USP.
- Santos, O.C. de O. 2006. As chuvas e a erosão na microbacia do igarapé Apeú. Em *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. Rondonópolis: Laboratório de Climatologia - DGEO, FFLCH, USP.
- Santos, O.C. de O. 2006. *Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará*. Tese de Doutorado, UFRJ.
- Silva, F. C. da. 1999. *Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa.
- Wolman, M.G. 1959. Factors influencing erosion of a cohesive river bank. *American Journal Science* 257: 204-216.