

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO SEDIMENTO DE UM LAGO AMAZÔNICO IMPACTADO POR REJEITO DE BAUXITA E UM LAGO NATURAL (PARÁ, BRASIL)

CALLISTO, M. & ESTEVES, F.A.

Lab. Limnologia, Depto. Ecologia, Inst. Biologia,
Universidade Federal do Rio de Janeiro, CCS, Bloco A,
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CP. 68020,
21941-540, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO: *Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil).* Foi estudada a composição granulométrica do sedimento nos lagos Batata e Mussurá, no Estado do Pará, Brasil. As amostras foram coletadas no ano de 1992, em quatro fases distintas do ciclo hidrológico regional (enchente, águas altas, vazante e águas baixas). O objetivo principal foi investigar os padrões de distribuição das partículas granulométricas nos dois ecossistemas. Os momentos granulométricos das amostras de sedimento (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) foram capazes de discriminar sub-regiões no lago Batata, quanto aos padrões de distribuição granulométrica. As estações impactadas por rejeito de lavagem de bauxita no lago Batata apresentaram características granulométricas diferentes, quando comparadas com as estações naturais e com as estações do lago Mussurá. Os resultados obtidos evidenciaram que a mancha de rejeito de bauxita tem alastrado-se para regiões do lago Batata até então naturais.

Palavras-chave: granulometria, nível d'água, lagos amazônicos, rejeito de bauxita.

ABSTRACT: *Granulometric composition of the sediment of an amazonian lake impacted by bauxite tailing and a natural lake (Pará, Brazil).* The granulometric composition of the sediment in the lakes Batata and Mussurá, State of Pará, Brazil was studied. Sediment samples were collected during 1992 at the four distinct phases of the regional hydrological cycle. The chief objective was to investigate the distribution patterns of granulometric particles, of the sample stations of the lakes. The granulometric moments of sediment samples (mean diameter, sorting, skewness, kurtosis) were able to discriminate the sub-regions of Batata lake concerning its granulometric patterns. The impacted stations presented different characteristics, when compared with the natural stations and Mussurá lake sample stations. The results showed that the bauxite tailing is moving to the regions previously considered natural.

Key-words: granulometry, water level, Amazonian lakes, bauxite tailing.

INTRODUÇÃO

A composição granulométrica do sedimento de um ecossistema lacustre é um fator importante na determinação dos padrões de distribuição de organismos e estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Resh (1977) assinalou que a produção secundária de ninfas de Trichoptera em sistemas lóticos próximos a Manaus (Estado do Amazonas, Brasil) era direta e positivamente relacionada ao tamanho médio de partículas do substrato. Em pesquisas sobre a ecologia de macroinvertebrados bentônicos em lagos, vários autores têm demonstrado que a produção secundária destes organismos é maior em sedimentos compostos por partículas de tamanho intermediário, ou seja, com o predomínio de siltes e areias finas (p.ex. Hamill *et al.*, 1979; Mecom, 1972; Neves, 1979). Muitas vezes, as porcentagens das frações de areias, siltes e argilas, constituem variáveis explicativas mais eficientes que aquelas físicas, químicas e físico-químicas, tradicionalmente utilizadas pelos limnólogos interessados na distribuição de macroinvertebrados bentônicos (Ward, 1992). Nesse sentido, o substrato seria responsável pela disponibilidade de habitats e microhabitats (em uma escala de indivíduos), alimentos (diretamente ou adsorvidos nas partículas do sedimento) e proteção (por exemplo, de correntes e predadores, como peixes bentônicos). As variações no substrato de importância ecológica incluem a estrutura física (composição granulométrica), conteúdo orgânico, estabilidade e heterogeneidade.

O sedimento dos ecossistemas aquáticos continentais são formados por uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone. A composição e distribuição dos sedimentos são função dos tipos de rochas na região, características da vegetação terrestre, características topográficas e meteorológicas, fatores químicos e biológicos, fatores limnológicos e/ou hidrológicos, incluindo o efeito do transporte de massas d'água (Ward, 1992).

As comunidades de macroinvertebrados bentônicos do lago Batata vêm sendo pesquisadas intensivamente desde 1990, quanto à distribuição de organismos e estrutura espaço-temporal (Callisto, 1994; Callisto & Esteves, 1995; Callisto, *no prelo*; Fonseca *et al.*, *no prelo*). Estes estudos têm se dedicado a analisar a influência do rejeito de bauxita, que foi lançado no lago Batata e depositou-se sobre o sedimento natural, sobre os padrões de distribuição dos macroinvertebrados bentônicos. Uma comparação entre áreas naturais (livres de influência do rejeito de bauxita) e áreas impactadas no lago Batata com a macrofauna do lago Mussurá (outro ecossistema da bacia de drenagem do rio Trombetas), bem como um estudo sobre as relações entre os animais e as variáveis físicas e químicas da coluna d'água e sedimento são objeto de um outro artigo (Callisto & Esteves, *submetido*). Assim, tem-se observado baixa riqueza e densidade de macroinvertebrados bentônicos nos sedimentos com granulometria fina (formada basicamente por argilas) no lago Batata. Neste sentido, o estudo da composição granulométrica do sedimento assume papel de grande importância uma vez que possibilita evidenciar diferenças fundamentais que contribuam para o entendimento dos padrões de distribuição (e colonização) das comunidades de macroinvertebrados bentônicos nestes ecossistemas.

O objetivo desta pesquisa foi estudar a composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de lavagem de bauxita (lago Batata) e em um lago natural (lago Mussurá), utilizando-se os momentos granulométricos propostos por Folk & Ward (1957).

Foi investigado se a distribuição de frequência da composição granulométrica em cada estação amostral era mantida ao longo de quatro coletas nas principais fases do ciclo hidrológico do rio ao qual estes lagos estão permanentemente conectados (rio Trombetas).

ÁREA DE ESTUDOS

O lago Batata e o lago Mussurá localizam-se entre as coordenadas 1°25' e 1°35' S e 56°15' e 56°25' W, e estão situados próximos à localidade de Porto Trombetas, no município de Oriximiná, no Estado do Pará, Brasil (Fig.1).

A bacia do rio Trombetas e seus lagos apresentam águas claras, de acordo com a classificação de Sioli (1950). Este rio pertence à bacia do médio Amazonas e sua cabeceira está localizada nos maciços das Guianas.

O lago Mussurá está situado do lado esquerdo do rio Trombetas, ao qual é permanentemente conectado.

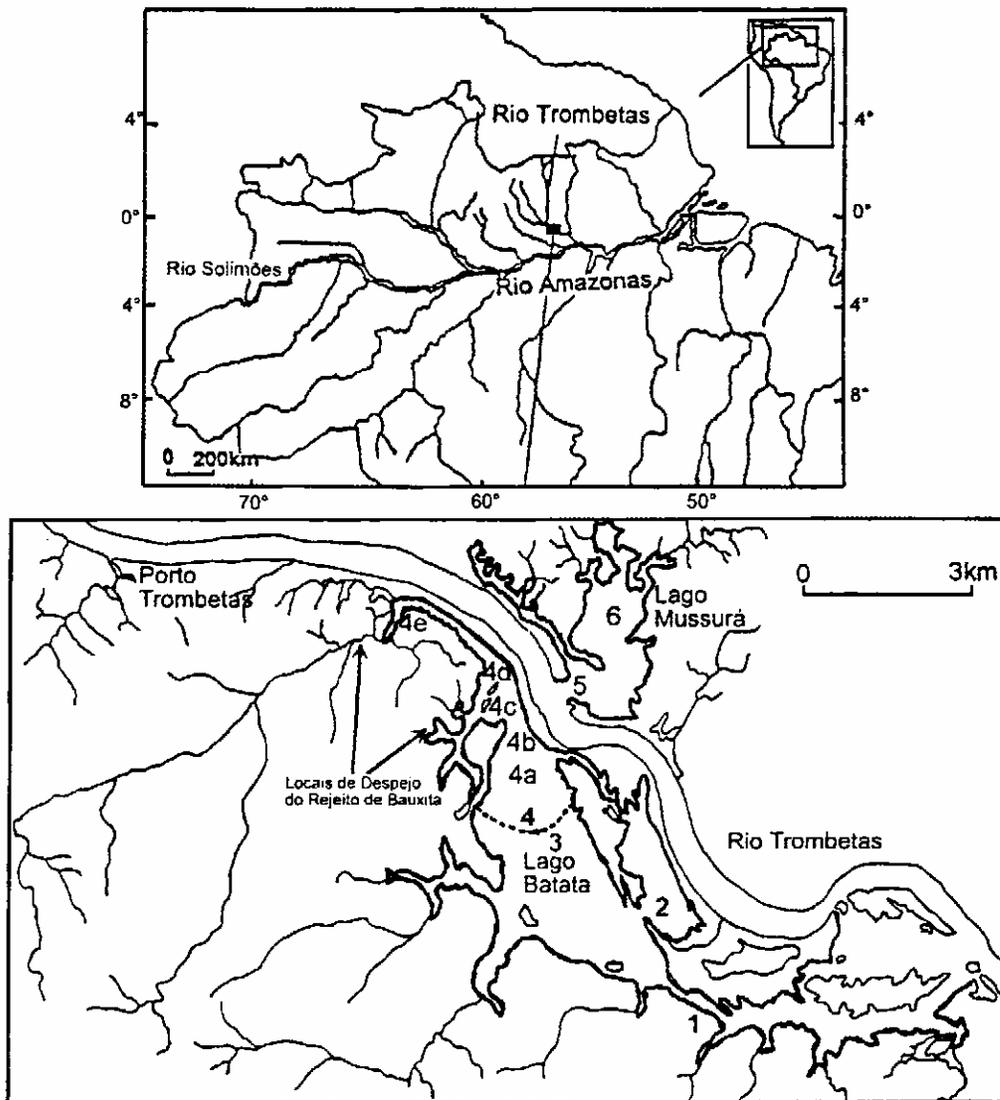


Figura 1. Área de estudos com a localização das estações de coleta.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de sedimento foram coletadas a cada três meses durante o ano de 1992. Os intervalos foram planejados considerando as diferentes fases do ciclo hidrológico regional: enchente (março), águas altas (junho), vazante (setembro) e águas baixas (dezembro). Dez estações de coleta foram estabelecidas: as estações 1, 2, 3, localizam-se em regiões naturais do lago Batata, livres de influência do rejeito de bauxita; as estações 4, 4a, 4b, 4c, 4d: localizam-se na área do lago totalmente coberta pelo rejeito de lavagem de bauxita; e as estações 5 e 6 localizam-se no lago Mussurá, respectivamente em um ponto próximo à desembocadura no rio Trombetas e outro em um ponto distante cerca de 500 m do rio. As estações 4a, 4b, 4c e 4d foram coletadas apenas no período de águas altas. Nas demais fases, em função da redução do nível d'água, a área englobando as estações 4 estava completamente seca, impossibilitando as amostragens de sedimento.

As amostras de sedimento foram coletadas com um coletor modificado do proposto por Ambühl & Bühler (1975) com core de 0,025 m², tendo sido estudada a fração superficial de 0-10 cm. As amostragens foram realizadas em réplicas.

A metodologia utilizada para análise da composição granulométrica foi proposta por Suguio (1973).

RESULTADOS

A análise da composição granulométrica de amostras de sedimento consiste na distribuição de frequência de pesos dos diversos tamanhos de grãos (em escala phi), em três tipos básicos: areias, siltes e argilas (Tab. 1). A escala phi desenvolvida por Krumbein (1936) converte as classes de tamanho de Wentworth (1922) em intervalos aritméticos (phi é log₂ negativo do diâmetro da partícula em mm).

Inicialmente, com o objetivo de verificar se a distribuição de frequência da composição granulométrica em uma estação amostral era mantida ao longo dos períodos de coleta, foi realizado um teste qui-quadrado aplicado a uma tabela de contingência dos dados relativos aos pesos das diversas classes granulométricas analisadas. Para as estações 1, 2 e 5 foram utilizados 48 graus de liberdade e para as estações 3, 4 e 6, 112 graus de liberdade. Em todas as estações amostrais, verificou-se que o valor de qui-quadrado calculado foi maior que o valor de qui-quadrado tabelado, com 0.001 de nível de confiança, assim, admitiu-se que a distribuição de pesos granulométricos em cada estação de coleta era diferente ao longo das coletas no ano.

Na figura 2 foram plotados os teores de areias, siltes e argilas nas estações amostrais, nos quatro períodos de coleta.

No lago Batata, pôde-se observar que na estação 1 houve pouca variação ao longo das quatro coletas, constituindo-se em um sedimento arenoso. Nas estações 2 e 3 foi evidenciada uma tendência ao afinamento da composição granulométrica, devido ao aporte de partículas de menor tamanho. Nas amostras da estação impactada pelo rejeito de bauxita foi observado o predomínio de argilas.

Nas estações localizadas no lago Mussurá, dois padrões diferentes foram observados. Na estação 5, no período de águas altas houve o predomínio de mais de 80% de argilas, enquanto que nas demais coletas, o sedimento apresentou-se basicamente composto por siltes. Pode-se relacionar a diminuição do tamanho de partículas do sedimento nas águas

Tabela 1 (cont.) Frações granulométricas (%), respectivos valores em phi e em mm, nos períodos enchente, águas altas, vazante e águas baixas em 1992. **AMG**: areia muito grossa; **AG**: areia grossa; **AM**: areia média; **AF**: areia fina; **AMF**: areia muito fina; **SG**: silte grosso; **SM**: silte médio; **SF**: silte fino; **SMF**: silte muito fino; **A**: argilas).

phi	Tipo	mm	VAZANTE						ÁGUAS BAIXAS								
			Estações						Estações								
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6			
-1.0	AMG	2,000	1.4	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	AMG	1,000	2.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	AG	0,710	9.9	3.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	AG	0,500	10.8	4.0	2.6	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	AM	0,350	10.1	2.7	4.0	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0	0.0	12.9	0.0	0.4	0.0	2.3	0.0
2.0	AM	0,250	27.6	4.3	6.9	0.5	1.9	0.0	1.9	0.0	0.0	22.1	11.0	0.9	0.0	4.0	0.0
2.5	AF	0,177	14.1	1.8	3.8	0.4	1.3	3.0	3.0	0.0	0.0	5.5	5.0	1.6	0.0	2.0	7.5
3.0	AF	0,125	5.4	2.1	5.9	0.6	2.5	3.2	3.2	0.0	0.0	2.0	7.8	1.2	1.3	2.2	10.3
3.5	AMF	0,088	1.9	3.3	6.8	0.7	6.1	3.3	3.3	0.0	0.0	7.9	12.4	1.9	2.2	3.1	10.1
4.0	AMF	0,062	1.4	2.3	3.8	0.6	5.3	3.3	3.3	0.0	0.0	0.4	7.7	0.7	0.9	3.3	9.9
5.0	SG	0,030	2.5	27.8	16.1	7.0	19.3	28.8	28.8	0.0	0.0	1.0	13.2	23.4	4.6	3.2	7.6
6.0	SM	0,016	0.8	21.7	9.9	1.9	11.1	9.3	9.3	0.0	0.0	0.6	6.9	20.0	4.8	15.5	2.1
7.0	SF	0,008	0.9	13.1	10.2	9.2	13.3	9.1	9.1	0.0	0.0	0.9	7.4	19.8	5.8	20.2	2.8
8.0	SMF	0,004	6.4	1.3	18.7	23.4	27.3	30.9	30.9	0.0	0.0	2.4	17.7	25.5	24.9	16.0	44.3
9.0	A	0,002	0.4	3.3	1.9	5.2	2.6	0.3	0.3	0.0	0.0	0.4	0.5	0.1	5.8	21.4	0.0
10.0	A	0,001	1.2	2.3	1.8	7.1	0.7	1.8	1.8	0.0	0.0	0.6	3.0	1.3	9.7	3.1	0.7
>10.0	A	<0,001	2.4	4.7	6.5	43.4	4.9	7.0	7.0	0.0	0.0	1.5	7.4	3.2	40.0	3.7	4.7

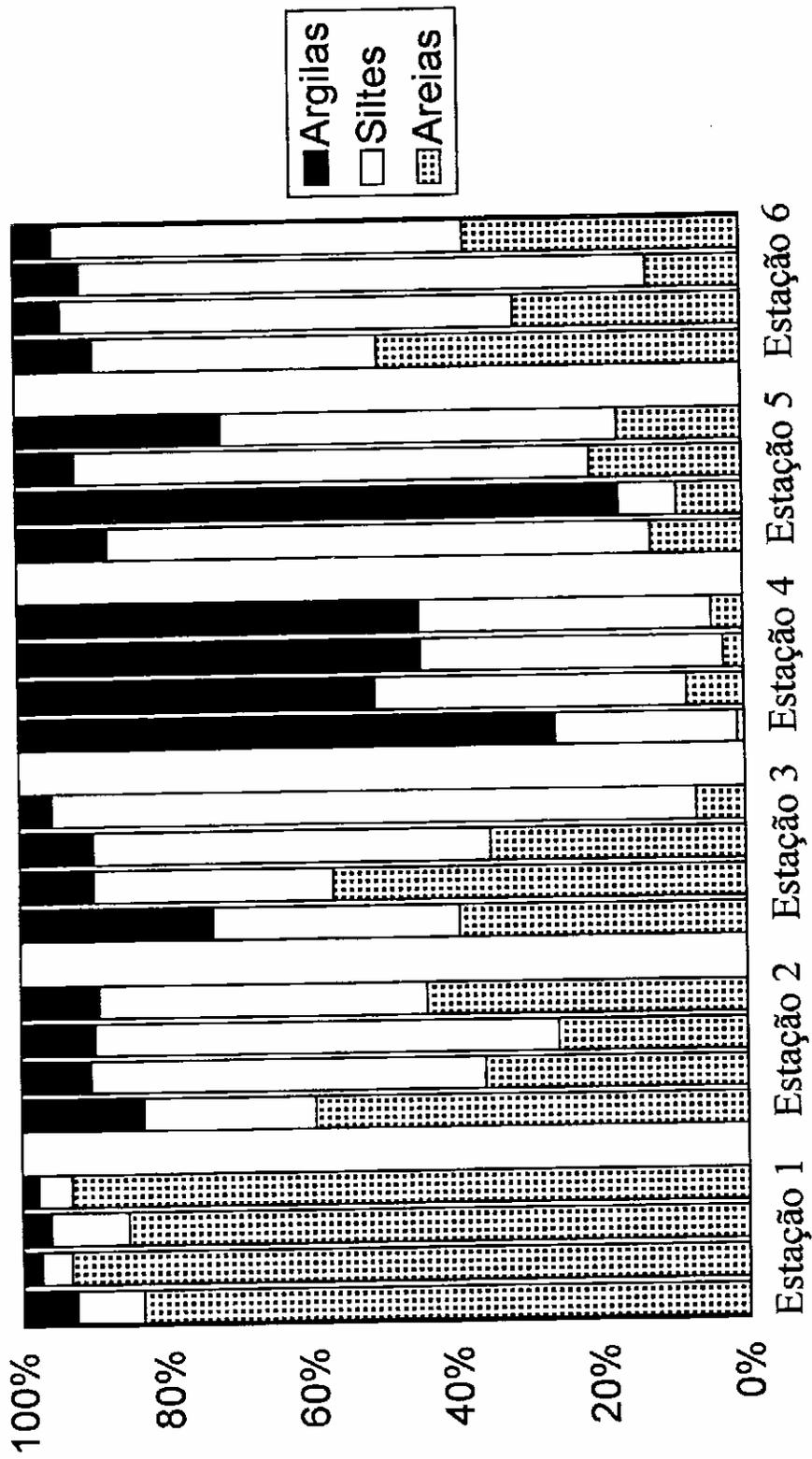


Figura 2. Distribuição dos teores de areias, siltes e argilas nas diversas estações estudadas, ao longo das coletas realizadas em 1992 nos lagos Batata e Mussurá (enchente, águas altas, vazante e águas baixas, da esquerda para a direita).

altas com o transporte de sedimentos finos, notadamente neste trecho do lago Mussurá, próximo ao rio Trombetas. Na estação 6 predominaram partículas de silte no sedimento.

Na figura 3a foram plotadas as coordenadas dos primeiro e segundo momentos granulométricos, respectivamente diâmetro médio e desvio padrão. Nota-se que o conjunto das estações impactadas pelo rejeito de bauxita foi claramente separado das outras amostras, devido ao diâmetro médio de grãos ter correspondido a altos valores em escala phi. As amostras da estação 1 (com menor tamanho em phi) formam outro conjunto. Em posição intermediária estão as estações 2, 3, 5 e 6, pois apresentam diâmetro de grão em faixa de variação correspondente à silte. Neste gráfico, pode ser observado que a diferenciação das estações deve-se principalmente às diferenças no diâmetro médio de grão, e não tanto às diferenças no desvio padrão da distribuição granulométrica das amostras estudadas.

O terceiro momento granulométrico corresponde aos valores de assimetria. Esta variável oscila no intervalo de -1 a +1, indicando respectivamente assimetria negativa e assimetria positiva. Com valores negativos de assimetria foram plotadas as estações impactadas pelo rejeito de bauxita no lago Batata, estação 5 no lago Mussurá e uma amostra da estação 6. Novamente, as estações localizadas na área impactada pelo rejeito de bauxita diferenciaram-se quanto à composição granulométrica do sedimento, formando um grupo distinto quanto aos valores obtidos de assimetria.

A curtose é chamada de quarto momento granulométrico e representa o grau de agudez da distribuição granulométrica em uma amostra de sedimento. Na figura 3c, foram plotados os valores de diâmetro médio em escala phi e de curtose, que varia em uma amplitude de 0 a 4. Neste gráfico, a separação das amostras da estação 1 em uma faixa maior dos valores de curtose forneceu uma indicação de velocidade de fluxo hidrodinâmico que existe neste trecho do lago Batata. Na mesma figura, nas estações amostrais da região impactada pelo rejeito de bauxita, foram obtidos baixos valores de curtose, o que indica a tendência deposicional de sedimentos finos. Em uma posição intermediária do gráfico, as estações 2 e 3, que correspondem a áreas naturais do lago Batata, além das estações 5 e 6, no lago Mussurá.

A estação 1 localiza-se em um estreitamento do lago Batata, com características lóticas. Desta forma, há o carregamento de sedimentos finos e deposição de sedimentos grossos. Este fato se reflete na composição granulométrica encontrada, com o predomínio da fração arcia média (0,25 mm) nos períodos de enchente, águas altas e vazante.

Situada em uma baía do lago Batata, a estação 2 caracteriza-se como um ambiente tipicamente deposicional, onde predominaram as frações de areias finas e siltes. No período de enchente, foram encontradas altas proporções de areia média (0,35 mm), areia fina (0,125 mm) e siltes. No período de águas altas, silte grosso, silte fino e silte muito fino. A coleta no período de vazante evidenciou uma distribuição de frequência de pesos granulométricos do tipo unimodal com o predomínio da porção silte grosso. E nas águas baixas, predomínio das frações areia média, silte grosso e silte muito fino.

Os dados das coletas realizadas na estação 3, nos períodos de águas altas e vazante apresentaram a bimodalidade na distribuição de tipos granulométricos, com o predomínio de arcias e siltes. Porém, foi observado aumento das proporções de argilas mais finas. No período de enchente, predomínio de silte médio e argilas. Nas águas altas, proporções semelhantes de areias e siltes. No período de vazante, predominaram silte grosso e silte muito fino, além de pequena porcentagem de argilas menores que $0,49\mu\text{m}$. Nas águas baixas, domínio das frações de silte médio, silte fino e silte muito fino.

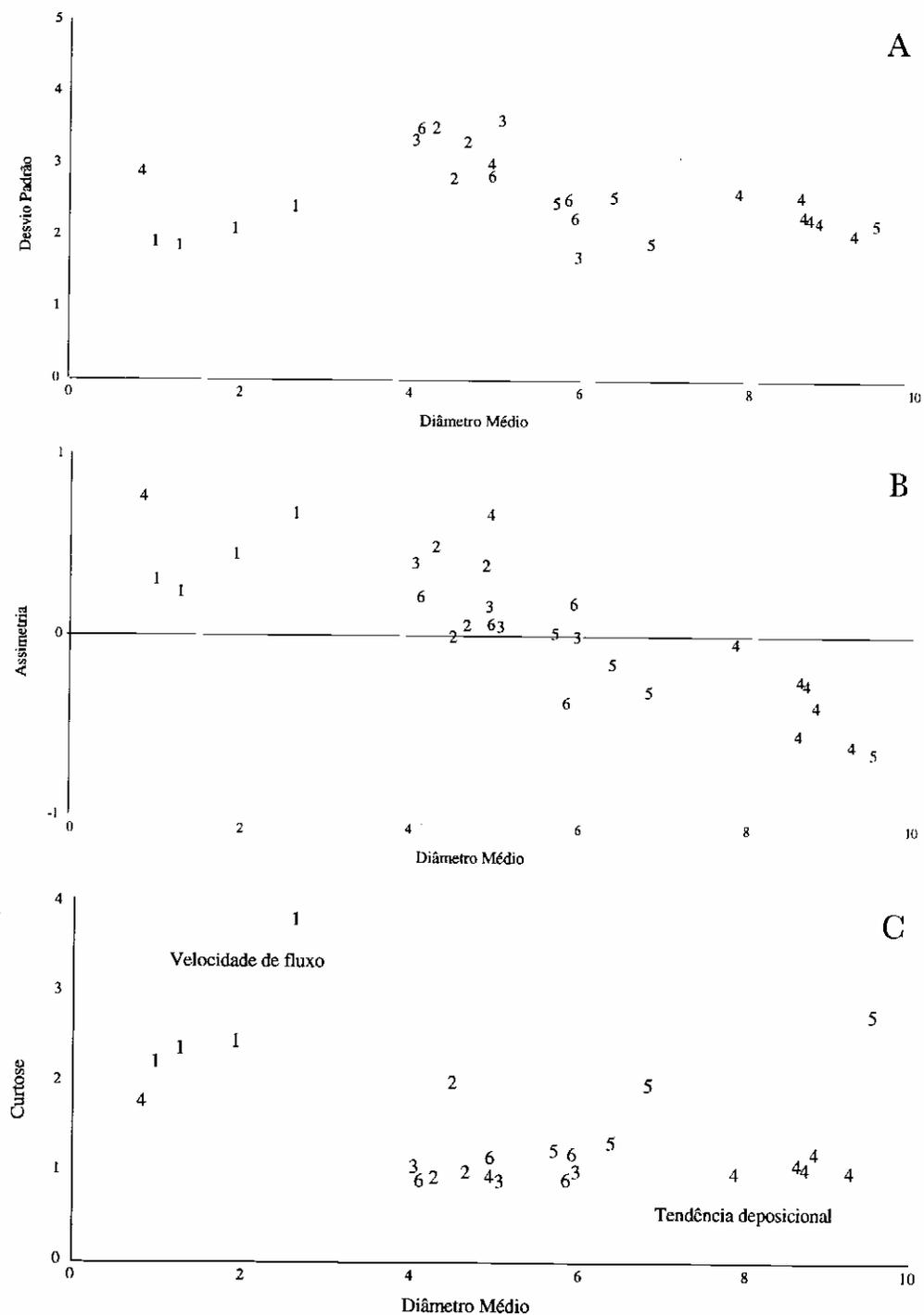


Figura 3. (A) Relação entre os valores de diâmetro médio e desvio padrão; (B) relação entre os valores de diâmetro médio e assimetria; (C) relação entre os valores de diâmetro médio e curtose, provenientes das amostras de sedimento dos lagos Batata (estações 1 a 4) e Mussurá (estações 5 e 6) no ano de 1992.

Na estação 4 (área impactada), houve o predomínio de argilas menores que $0,49\mu\text{m}$ e silte. Na enchente, foi encontrada alta porcentagem de argilas maiores que $2\mu\text{m}$. Nas águas altas, silte fino. Na vazante, predominaram ainda as porções de silte grosso e silte fino. No período de águas baixas, silte muito fino.

No lago Mussurá, as distribuições de frequência de pesos granulométricos nas duas estações amostrais apresentaram o predomínio das frações de silte. Na estação 5, no período de enchente foi evidenciado domínio absoluto de silte muito fino, atingindo 55% do peso total de grãos. Nas águas altas, predomínio de argilas de tamanho menor ou igual a $0,98\mu\text{m}$. Na vazante, altas proporções de silte grosso e silte muito fino, foram constatadas. Nas águas baixas, predominaram silte médio, silte fino e silte muito fino.

No período de enchente, na estação 6 foram encontradas maiores proporções das frações silte grosso e silte muito fino. Nas águas altas, as frações silte grosso, silte médio, silte fino e silte muito fino dominaram. No período de vazante, predominaram silte grosso e silte muito fino. No período de águas baixas, houve predomínio de arcia muito fina e silte muito fino (distribuição do tipo bimodal).

DISCUSSÃO

A possibilidade de utilização de métodos de estatística descritiva capazes de comparar um grande número de amostras de sedimento e evidenciar similaridades e diferenças entre subsistemas de um lago foi pela primeira vez mencionada no artigo de Twenhofel & Tyler (1941). Estes autores destacaram a importância das análises granulométricas no estudo e interpretação de condições ambientais diversas. As formulações para cálculo do diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, parâmetros básicos aplicados ao estudo de distribuições de frequência de tamanhos granulométricos, foram propostas por Folk & Ward (1957), que partiram de uma modificação das fórmulas estatísticas propostas por Inman (1952).

A diferença sazonal nas distribuições de frequência de pesos granulométricos em uma mesma estação amostral pôde ser relacionada às mudanças de nível d'água do rio Trombetas, que se refletem em alterações na profundidade do lago Batata, quando ocorre o carreamento de grãos de sedimentos para dentro e ao longo do lago, causando alterações na composição granulométrica destas estações. Isto ocorre devido à ligação permanente de ambos os lagos com o rio, durante todo o ano.

A distribuição de frequência dos tipos granulométricos mostrou o predomínio de argilas na área impactada pelo rejeito de bauxita, notadamente da fração menor que $0,49\mu\text{m}$ de diâmetro. A predominância de argilas finas está relacionada às menores abundâncias de organismos bentônicos, de apenas poucos grupos presentes (Callisto, 1994; Callisto & Esteves, 1995).

Os dados obtidos evidenciaram alterações na composição granulométrica das estações ao longo do ciclo hidrológico. Foi constatado que a estação 3, até então considerada livre de influência do rejeito de bauxita, recebeu aporte gradativo de argilas, oriundas da área impactada. Este processo de transporte de sedimentos finos tem sido responsável pela diminuição do diâmetro médio das partículas do sedimento. Quanto à fauna de macroinvertebrados bentônicos, foi observado que ao longo das coletas realizadas no ano de 1992, as densidades dos grupos taxonômicos foi diminuindo até que nos períodos de vazante e águas baixas, houve o predomínio absoluto de Chironomidae (Callisto, *no prelo*; Callisto &

Esteves, submetido). Pôde-se comprovar então que a estação 3, considerada até o ano de 1991 como localizada na área natural do lago Batata, vinha pouco a pouco recebendo argilas, oriundas das áreas impactadas, o que seria responsável pelo afinamento do diâmetro médio das partículas do sedimento. Estes resultados significam que a mancha de rejeito de bauxita tem evoluído no lago Batata e áreas que até então eram consideradas como naturais, hoje são impactadas pelo rejeito.

Ponçano (1986) afirma que a maioria dos estudos de sedimentologia vêm utilizando distribuição de pesos granulométricos e suas descrições a partir dos métodos de gráficos binários. Segundo as considerações de Swan *et al* (1978) sobre a utilização dos descritores (ou momentos granulométricos) de Folk & Ward (1957), Ponçano (1986) defende a utilização dos diagramas binários e diz que a acuracidade na diferenciação de um conjunto de amostras decresce do desvio padrão, à assimetria e à curtose. Destaca ainda que os gráficos com os dados de desvio padrão e assimetria como coordenadas auxiliares do tamanho médio têm sido amplamente utilizados em pesquisas descritivas e que, no entanto, a curtose não tem sido interpretada com sucesso.

Alguns autores têm mostrado que a análise de distribuições granulométricas são bem descritas pelos métodos gráficos e, principalmente, pelos métodos dos momentos granulométricos, pelo diâmetro médio e desvio padrão, enquanto que assimetria e curtose fornecem valores de qualidade regular (Jordan *et al*, 1978; McLaren, 1981; Ponçano, 1986).

Os momentos granulométricos descritos neste trabalho foram eficientes na diferenciação das estações de coleta. Os gráficos discriminaram três grupos distintos: (a) amostras ricas em areias, correspondendo à estação 1; (b) amostras com predomínio de siltes, englobando as estações 2, 3, 5 e 6; (c) amostras com altos teores de argilas, correspondendo às estações do lago Batata localizadas na região impactada pelo rejeito de bauxita.

Apesar de todas as críticas e considerações acerca da imprecisão do quarto momento granulométrico (Sedimentation Seminar, 1981), o gráfico diâmetro médio X curtose foi capaz de discriminar satisfatoriamente as amostras de sedimento das estações analisadas.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas do Laboratório de Limnologia, Dep. Ecologia, Inst. Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro pelas valiosas críticas ao manuscrito e pelo auxílio nas coletas de campo; à Companhia Mineração Rio do Norte S/A. pelo financiamento do projeto e ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor.

BIBLIOGRAFIA

- Ambühl, H. & Bühler, H. 1975. Zur Technik der Entnahme Ungestörter Grossproben von Seesedimenten: ein Verbessertes Bohrlot. Schweiz. Z. Hydrol. 37: 175-186.
- Callisto, M. 1994. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá. Dissertação de Mestrado, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 109 pp.
- Callisto, M. (no prelo) Macroinvertebrados Bentônicos. Cap. Livro Lago Batata: história, impacto e recuperação. Editora UFRJ, Editores: Esteves, F.A.; Bozelli, R.L. & Roland, F.

- Callisto, M. & Esteves, F.A. 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita - Lago Batata, Pará, Brasil. *Oecologia Brasiliensis*. Volume 1. Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros. Esteves, F.A. (editor), p. 281-291, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- Callisto, M. & Esteves, F.A. (submetido) Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá. *Acta Limnologica Brasiliensis*.
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Am. Midl. Nat.* 67: 477-504.
- Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.* 27: 3-26.
- Fonseca, J.J.L.; Callisto, M. & Gonçalves, J.F.Jr. (no prelo). Benthic macroinvertebrate community structure in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Pará, Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*
- Hamill, S.E.; Qadri, S.U. & Mackic, G.L. 1979. Production and turnover ration of *Pisidium casertanum* (Pelecypoda: Sphaeriidae) in the Ottawa River near Ottawa-Hull, Canada., *Hydrobiologia* 62: 225-230.
- Inman, D.L. 1952. Measures for describing the size distribution of sediments. *J. Sedim. Petrol.* 22: 125-145. *In*: Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.* 27: 3-26.
- Jordan, R.R.; Benson, R.N.; Spoljaric, N. & Pickett, T.E. 1978. Skewness as a paleoenvironmental indicator. *J. Sedim. Petrol.* 48(3): 1000-1002.
- Krumbein, W.C. 1936. Application of logarithmic moments to size frequency distributions of sediments. *J. Sediment Petrol.* 6: 35-47.
- McLaren, P. 1981. An interpretation of trends in grain size measures. *J. Sedim. Petrol.* 51(2): 611-623.
- Mecom, J.D. 1972. Productivity and distribution of Trichoptera larvae in a Colorado mountain stream. *Hydrobiologia* 40: 151-176.
- Neves, R.J. 1979. Secondary production of epilithic fauna in a woodland stream. *Am. Midl. Nat.* 102: 209-224.
- Ponçano, W.L. 1986. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. *Rev. Bras. Geociências* 16(2): 157-170.
- Resh, V.H. 1977. Habitat and substrate influences on population and production dynamics of a stream caddisfly, *Ceraclea ancylus* (Leptoceridae). *Freshw. Biol.* 7: 261-277.
- Sedimentation Seminar. 1981. Comparison of methods of size analysis for sands of the Amazon-Solimões Rivers, Brazil and Peru. *Sedimentology* 28: 123-128.
- Sioli, H. 1950. Das Wasser im Amazonasgebiet. *Forsch. Fortschr.* 26: 274-280.
- Suguio, K. 1973. Introdução à sedimentologia. ed. Edgard Blucher Ltda, EDUSP. 317pp
- Swan, D.; Claque, J.J. & Luternauer, J.L. 1978. Grain-size statistics. I: evaluation of the Folk and Ward graphic measures. *J. Sedim. Petrol.* 48(3): 863-878.
- Twenhofel, W.H. & Tyler, S.A. 1941. Methods of study of sediments. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 183pp. *In* Dyer, D.R. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley & Sons, 1986. 342pp.
- Ward, J.V. 1992. Aquatic insect ecology: 1. Biology and habitat. John Wiley & Sons, New York. 438pp.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.* 30: 377-392.