

# **A INFLUÊNCIA DA MARÉ NO SISTEMA DE AMOSTRAGEM DE PEIXES NO ESTUÁRIO DO RIO TIBIRI, SÃO LUIS, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL<sup>1</sup>**

Tidal range influence on fish assemblages in a Brazilian tropical estuary

Vandick da Silva Batista<sup>2</sup>, Frederico Nunes Rêgo<sup>3</sup>

## **RESUMO**

*A influência do regime de marés sobre a comunidade de peixes em igarapés do Rio Tibiri, São Luis, Estado do Maranhão foi investigada. O modelo linear apresentou melhor reajuste da diversidade em relação à amplitude de marés, mas não prognostica a diversidade em dias com valores inferiores a 2,8 m, faixa em que esta variou de 0,25 a 1,1 bit, com média 32% menor que a amplitude de maré acima de 2,9 m. A captura em número de indivíduos e em peso não apresentou variação correlacionada com a maré. Para padronizar a metodologia de coletas na região e viabilizar a comparação de informações, indica-se que datas com maré de sizígia devem ser preferenciais para estudos sobre associações ícticas presentes no estuário. Datas com maré de quadratura são indicadas para coletas visando à realização de estudos biológicos das espécies dominantes nesses igarapés.*

**Palavras-chaves:** amostragem, ictiofauna, regime de marés, Estado do Maranhão.

## **ABSTRACT**

*The tidal influence on the fish assemblage of creeks in the Tibiri River estuarine zone, Maranhão State, Brazil was investigated using a 120-m barrier net. A linear model showed the best fit to the data of diversity against tidal range, but it did not predict well the diversity on days with a tidal range lower than 2.8 m, when it ranged from 0.25 to 1.1 bit with a mean about 32% lower than days with a tidal range over 2.9 m. The number of individuals and biomass was not affected by the tidal range. Different volumes of water and turbidity are the causes of differences in diversity. The most representative results in terms of species diversity may be obtained in days of tide equal or greater than 2.9 m. For comparative purposes, samples must be taken during days of similar tidal range excluding those in the range 2.8 - 2.9 m and preferably at about the same daytime.*

**Key words:** sampling, fish diversity, tide regime, Maranhão State, Brazil.

<sup>1</sup> Trabalho Financiado pela SUDAM e realizado no Laboratório de Hidrobiologia da UFMA.

<sup>2</sup> Professor, Universidade do Amazonas, FCA-DEPESCA, Campus Universitário, Manaus, AM, 69077-000, Brasil E-mail: vbatista@fua.br Trabalho realizado como Bolsista DCR do CNPq.

<sup>3</sup> Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

## INTRODUÇÃO

Na base de um estudo ecológico estão os dados provenientes de amostragem de campo, os quais devem ser planejados para representar fidedignamente as condições do ambiente natural. Tal planejamento deve ser ainda mais cuidadoso, quando o ambiente em foco é altamente variável, o como são os estuários.

Sendo caracterizado fisicamente por um processo de mistura de águas com propriedades distintas (Margalef, 1982), uma região estuarina está sujeita a amplas e abruptas variações temporais em suas características abióticas. Estas são de grande interesse para estudos ecológicos, mas a subestimação de fatores tais como hora da coleta e características da maré podem conduzir a amostragem viciada, tornando necessário considerar sua influência sobre o delineamento amostral.

A maioria dos estudos em estuários não observa tais cuidados, apesar de existirem descrições de alterações significativas na captura de camarões (Hughes, 1972) e de peixes (Quinn & Kojis, 1987) em função da maré, nos poucos trabalhos que consideraram esse enfoque.

A maré é um fator oceanográfico particularmente importante nas atividades costeiras executadas no Estado do Maranhão e, apesar de comumente levada em consideração pelos pescadores locais (Stride, 1988), não tem sido enfocada como variável determinante em trabalhos ictiológicos já realizados nos estuários da Ilha de São Luís (SUDAM, 1983; SUDAM/UFMA, 1985).

Objetiva-se determinar a influência da maré na obtenção de amostras de peixes nos igarapés de ambientes estuarinos da região, indicando as características adequadas do regime de marés que permitam coleta de informações não viciadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

No período entre setembro de 1987 e agosto de 1988, foram efetuadas coletas mensais no estuário do Rio Tibiri, localizado na Ilha de São Luís, Maranhão (02° 42' S; 44° 13' W), totalizando 40 amostras (Figura 1). A pesca foi realizada através de tapagem do igarapé por meio de redes com 120 m de comprimento por 6,75 m de altura, e malhas de 1 cm entre nós para o engano e 2 cm para o restante.

Em todas as operações de amostragem aplicou-se a mesma metodologia de coleta, mantendo a armadilha em ação durante as seis horas decorrentes entre o estófo da preamar e o estófo da baixamar

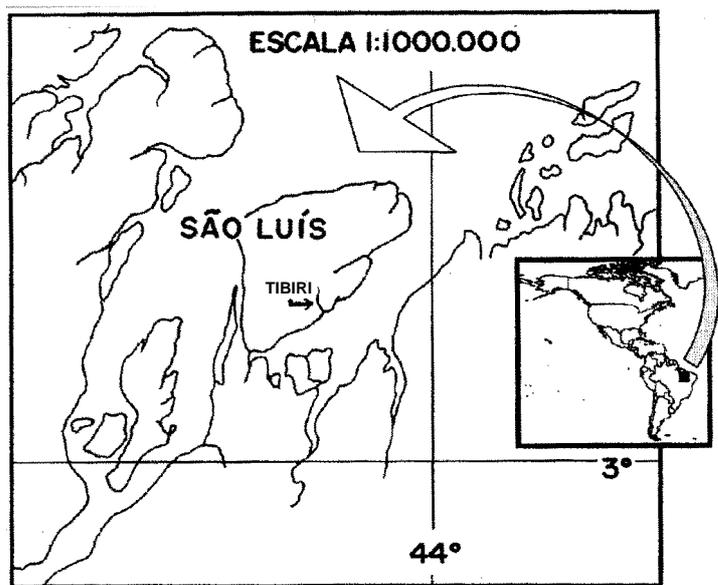


Figura 1 - Localização do Rio Tibiri na Ilha de São Luís, Maranhão.

noturna, de modo que as capturas mensais são comparáveis. O material de amostragem foi conservado em congelador e, em seguida, levado a laboratório para identificação, contagem e pesagem.

Registrou-se o comprimento total e o peso total de cada exemplar. Na impossibilidade de se obter o peso total, este foi estimado através de relações peso/comprimento de modo a completar o somatório do peso total da captura por espécie.

Para determinar a relação existente entre cada variável e a amplitude de maré, visando obter um modelo sintético que absorva toda a informação, calcularam-se regressões lineares (Sokal & Rohlf, 1981) efetuando-se ou não transformação logarítmica das variáveis conforme a necessidade de linearização requerida pelo modelo testado. Os dados foram ajustados aos seguintes modelos:

- Exponencial :  $Y = Ae^{bx}$
- Linear :  $Y = a + bX$
- Logarítmico:  $Y = \ln A + b \ln X$
- Potencial :  $Y = AX^b$

A escolha do melhor modelo de ajuste dos dados, baseou-se no Erro Médio Relativo (EMR) (Aubone, *apud* Fabre & Cousseau, 1990), através da fórmula:

$$EMR = \frac{(Y_{obs} - Y')/Y_{obs}}{N}$$

onde,  $Y_{obs}$  = valor observado da variável dependente;  $Y'$  = valor estimado da variável dependente;  $N$  = número de observações.

Quanto menor o EMR, menores terão sido os desvios entre os valores observados e os estimados, relativizados pelo valor observado da variável dependente, logo melhor o ajuste do modelo aos dados.

A diversidade específica de cada amostra foi descrita pelo índice de Shannon ( $H'$ ), desenvolvido por Shannon & Weaver (1949) através da equação:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

onde,  $p_i$  = proporção de indivíduos da espécie  $i$  na amostra.

A notação  $H'_n$  indica a diversidade numérica, sendo que neste caso  $p_i$  é calculado com base no número de indivíduos capturados, e  $H'_p$  indica a diversidade em biomassa (Wilhm, 1968), sendo  $p_i$  calculado com base na captura em peso. O número de espécies ( $S$ ) foi utilizado para expressar a riqueza específica de forma simples.

As comparações entre duas médias foram efetuadas pelo teste  $t$ , considerando-se como nível de significância  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS

A avaliação do ajuste dos dados de diversidade de a um modelo atribuiu à equação linear o menor EMR ao se utilizar  $H'_n$  (Figura 2) e  $H'_p$  (Figura 3) como variáveis dependentes, superando a equação logarítmica em ambos casos (Tabela I), apesar da grande afinidade deste modelo com os dados obtidos em amplitude de maré inferior a 2,9m. Essa característica permitiu ao modelo logarítmico superar os

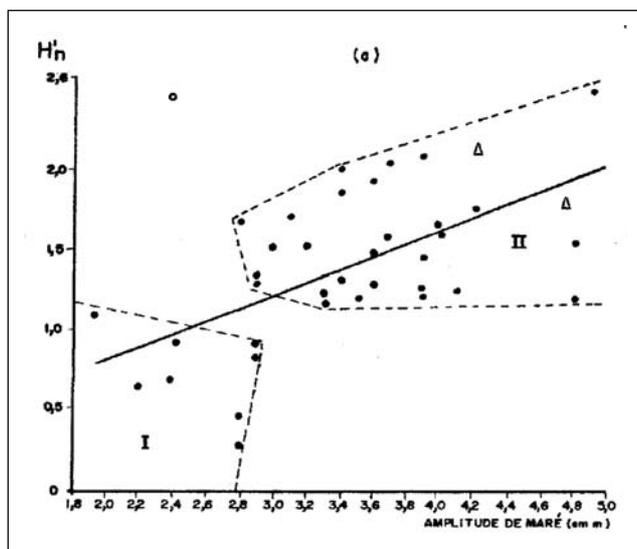


Figura 2 - Relação da amplitude de maré com a diversidade numérica,  $H'_n$ , considerando-se amostras normais (o), amostras com número excepcional ( $\Delta$ ) e a amostra de maior captura ( $\blacktriangle$ ).

modelos potencial e exponencial, os quais apresentaram os maiores desvios. O grau de explicabilidade ( $R^2$ ) da diversidade pela amplitude de maré foi elevado tanto em termos numéricos (38,0%) quanto de peso (43,6%).

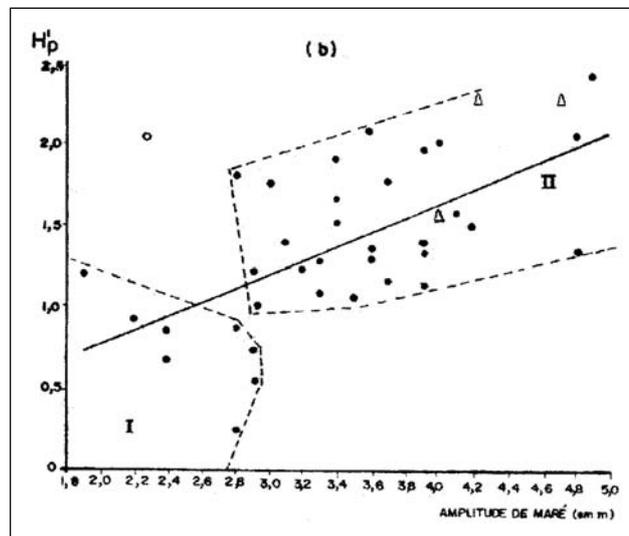


Figura 3 - Relação da amplitude de maré com a diversidade de biomassa,  $H'_p$ , considerando-se amostras normais (o), amostras com número excepcional ( $\Delta$ ) e a amostra de maior captura ( $\blacktriangle$ ).

Tabela I - Coeficientes de regressão com intercepto ajustado, entre os índices de diversidade ( $H'_n$  e  $H'_p$ ) e a amplitude de maré, com intercepto ajustado e teste de afinidade dos modelos aos dados.

Índice	Modelo	N	r	a	b	EMR
$H'_n$	Exponencial	39	0,57	0,39	0,35	0,3055
	Linear	39	0,62	0,01	0,41	0,3223
	Logarítmico	39	0,62	-0,25	1,38	0,3213
	Potencial	39	0,58	0,31	1,18	0,3006
$H'_p$	Exponencial	39	0,59	0,38	0,36	0,3006
	Linear	39	0,66	-0,16	0,45	0,3104
	Logarítmico	39	0,64	-0,38	1,46	0,3097
	Potencial	39	0,58	0,31	1,18	0,3069

O número de espécies aumenta com o incremento na amplitude de maré (Figura 4) numa melhor relação descrita pelo modelo linear (Tabela II), o qual apresentou o menor EMR, além de fornecer um elevado grau de explicabilidade da riqueza específica pela maré ( $R^2 = 42,3\%$ ).

Apesar desta aceitação generalizada do modelo linear no ajuste das mencionadas relações, observou-se uma nuvem de pontos que se desvia da reta de regressão em amplitudes de maré inferiores a 2,9 m, ponto este que também marca uma descontinuidade nos índices de diversidade, indicando uma mudança de estrato na localização das amostras.

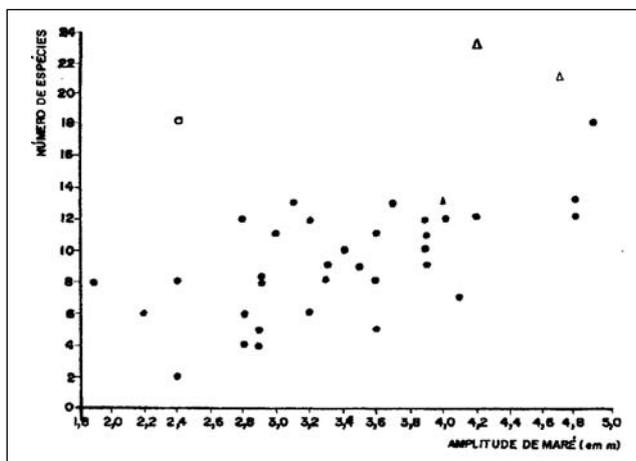


Figura 4 - Relação da amplitude de maré com a riqueza específica, considerando-se amostras normais (o), amostras com número excepcional ( $\Delta$ ) e a amostra de maior captura ( $\blacktriangle$ ).

Tabela II - Coeficientes de regressão com intercepto ajustado, entre a riqueza específica (S) e a amplitude de maré, com intercepto ajustado e teste de afinidade dos modelos aos dados.

Modelo	n	r	a	b	EMR
Exponencial	37	0,63	2,22	0,41	6,5448
Linear	39	0,65	-3,35	3,89	6,9751
Logarítmico	39	0,60	-4,94	12,27	6,9438
Potencial	39	0,61	1,79	1,34	6,5333

Tais observações sugerem que todas as amostras efetuadas em marés de até 2,8 m, somadas àquelas efetuadas na zona de transição em 2,8 - 2,9 m, que apresentaram baixa diversidade (1 bit ou menos), devem ser agrupadas separadamente (Grupo I) das amostras de alta diversidade (1,2 bits ou mais) situadas na zona de transição e das amostras obtidas em dias de maré superior a 2,9 m (Grupo II). Estes grupos representariam situações ambientais distintas, provocadas pela ação da maré no meio ambiente e que afetariam a diversidade específica local.

São características básicas do Grupo I: (a) baixa diversidade numérica, a qual atinge valores até 1,1 bit, apresentando média de 0,72 bit; (b) baixa diversidade em peso, com máximo de 1,2 bit e média de 0,76 bit. Esses baixos valores foram acompanhados por amplitudes de maré relativamente pequenas dentro da faixa normal de variação regional de 1,9 a 2,9 m.

O Grupo II apresentou amostras com alta diversidade numérica, com valor mínimo de 1,2 bit e atingindo o máximo de 2,5 bit, com média de 1,61 bit. A diversidade em peso apresentou mínimo de 1,0 bit, com média de 1,58 bit, e a amplitude de maré situou-se entre 2,8 e 4,9 m.

Comparando as diversidades médias dos Grupos I e II, constatou-se haver diferença estatisticamente significativa em termos numéricos ( $t_{0,05; 37} = 6,844$ ) e de biomassa ( $t_{0,05; 37} = 5,542$ ).

A influência da amplitude de maré no número de exemplares coletados foi insignificante, o que está expresso na grande dispersão observada na nuvem de pontos (Figura 5), resultando num coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,09$ . A alta dispersão dos dados também caracteriza a relação da maré com o peso da captura (Figura 6), cuja variância não é explicável pela variável independente ( $R^2 = 0,02$ ).

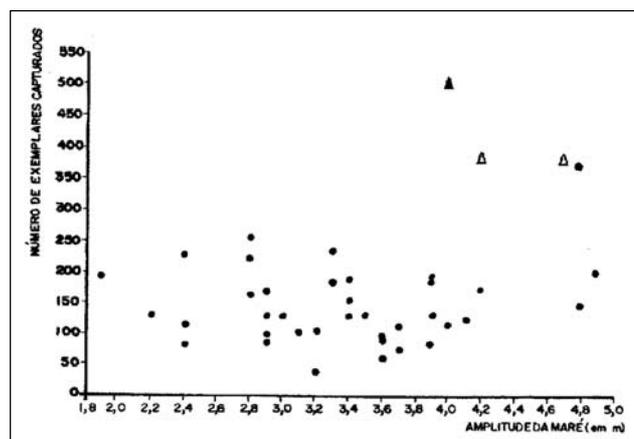


Figura 5 - Relação da amplitude de maré com o número de exemplares capturados por amostra, considerando-se amostras normais (o), amostras com número excepcional ( $\Delta$ ) e a amostra de maior captura ( $\blacktriangle$ ).

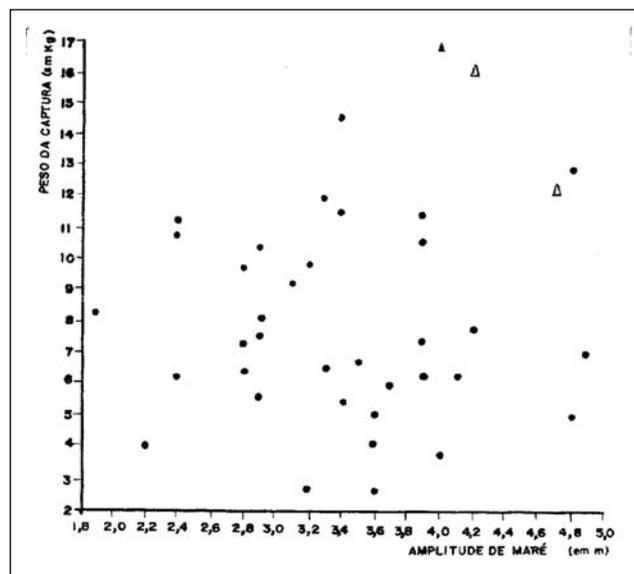


Figura 6 - Relação da amplitude de maré na data da amostragem com o peso das respectivas capturas, considerando-se amostras normais (o), amostras com número excepcional ( $\Delta$ ) e a amostra de maior captura ( $\blacktriangle$ ).

Observou-se que as duas amostras com maior número de espécies também apresentaram capturas excepcionais em número de exemplares (Figura 6),

próximo de 370 indivíduos, resultando numa diversidade dentro do padrão do Grupo II, o que confirma a coerência de sua formação mesmo quando o número de exemplares na amostra é variável. A amostra com maior número de exemplares (503) se enquadrou dentro da variação na diversidade observada para o Grupo II, embora não apresentasse um número excepcional de espécies (13).

Os Grupos I e II apresentaram 17 espécies em comum (Tabela III) e o Grupo II apresentou 17 espécies exclusivas, não ocorrendo o mesmo com nenhuma espécie do Grupo I.

Tabela III – Relação das espécies capturadas, segundo o estado da maré registrado no momento da amostragem.

Espécies ocorrentes em marés de 1,9 a 4,9 m de amplitude (co-ocorrente nos Grupos I e II)	Espécies ocorrentes apenas em marés superiores a 2,8 m de amplitude (apenas no Grupo II)
<i>Arius herzbergii</i>	<i>Ageneiosus sp.</i>
<i>Bagre bagre</i>	<i>Arius rugispinnis</i>
<i>Cathoreps spixii</i>	<i>Aspredinichthyes tibicen</i>
<i>Anableps anableps</i>	<i>Oligoplites saurus</i>
<i>Pseudochenipterus nodosus</i>	<i>Selene vomer</i>
<i>Batrachoides surinamensis</i>	<i>Opisthonema oglinum</i>
<i>Centropomus parallelus</i>	<i>Elops saurus</i>
<i>Hyppostomus verres</i>	<i>Anchoa spinnifer</i>
<i>Mugil curema</i>	<i>Cetengraulis edentulus</i>
<i>Mugil incilis</i>	<i>Chaetodipterus faber</i>
<i>Genyatremus luteus</i>	<i>Rypticus randalli</i>
<i>Cynoscion acoupa</i>	<i>Tarpon atlanticus</i>
<i>Cynoscion microlepidotus</i>	<i>Cynoscion leiarchus</i>
<i>Macrodon ancylodon</i>	<i>Micropogonias furnieri</i>
<i>Stellifer naso</i>	<i>Epinephelus itajara</i>
<i>Stellifer rastrifer</i>	<i>Peprilus paru</i>
<i>Achirus achirus</i>	<i>Colomesus psittacus</i>

## DISCUSSÃO

No litoral maranhense ocorre uma das maiores amplitudes de maré dentro do contexto nacional, atingindo até 7 m, um fenômeno que causa correntes de maré de até 7 nós, que alagam diariamente uma zona costeira onde predominam manguezais, penetrando nesta região principalmente através de numerosos igarapés. Este hidrodinamismo provoca a ressuspensão de sedimentos, afetando a distribuição da fauna estuarina (Ferreira, 1989).

A intensidade da ação da maré altera a diversidade específica da ictiofauna dos igarapés do Rio Tibiri, constituindo um fenômeno cuja causa deve es-

tar associada a diferenças na turbidez das águas durante os distintos estados de maré. Em sizígia, a turbidez é maior do que a observada em quadratura (Carvalho & Ferreira, 1988), o que modifica o caráter protetor das águas para a comunidade de peixes jovens.

A variação da diversidade específica foi descrita apenas parcialmente pelo modelo linear, visto que os dados referentes a marés de quadratura apresentaram um mau ajuste sistemático ao modelo. Os resultados obtidos, que indicaram haver estratificação da diversidade em dois patamares delimitados pela zona de transição de 2,8-2,9 m de amplitude de maré, determinaram a formação de dois grupos amostrais, havendo 17 espécies cuja presença nos igarapés pode estar vinculada a um estado específico da maré.

Em termos de fatores abióticos, os efeitos do substrato, profundidade e turbidez parecem ser os mais importantes na distribuição de peixes jovens (Blaber, 1980), sendo que estes são mais favorecidos quando a turbidez se apresenta mais elevada (Blaber & Blaber, 1980). Esta condição ocorre no estuário do Rio Tibiri quando a amplitude de maré é maior (Carvalho & Ferreira, *op. cit.*), condição que determina um aumento da salinidade no estuário e constitui um fator adicional de atração para espécie marinhas.

Marés de maior amplitude (> 2,9 m) provocam a entrada de um maior volume de água nos manguezais, e também permitem o acesso das espécies a algas, crustáceos, moluscos e detritos em geral, os itens mais importantes na alimentação de espécies capturadas no estuários (Fernandes, 1981a/b).

Recomenda-se que sejam padronizados os horários de coleta para evitar vícios amostrais causados pelo comportamento circadiano das espécies, visto que estudos têm indicando que o período de maior atividade de peixes é o noturno (Hobson, 1965; Quinn & Rujis, 1983). No Rio Tibiri optou-se pela coleta noturna com o objetivo de capturar a maior quantidade possível de espécies frequentadoras dos igarapés, sendo recomendável a manutenção deste período em outras pesquisas para viabilizar comparações temporais e espaciais da diversidade específica.

Amostragens objetivando efetuar levantamentos ictiológicos devem ser efetuadas periodicamente em dias de maré com grande amplitude (>2,9 m). Estudos biológicos direcionados às principais espécies do estuário podem realizar-se em amostras efetuadas em baixa amplitude de maré, visto que o volume das capturas não apresentou tendências significativas, estando concentrado nas espécies principais. A menor riqueza de espécies facilita o trabalho de separação e identificação taxonômica, agilizando o trabalho quando o objetivo está direcionado para as espécies mais abundantes.

Datas com amplitude de maré entre 2,8 e 2,9 m devem ser excluídas das amostragens por representaram uma transição entre amostras de característica distintas.

Programas de amostragem em campo devem ser dimensionados de acordo com a pesquisa proposta, respeitando as características da área de estudos especialmente em ambientes com alto nível de variedade espacial e temporal como são os estuários (Livingston, 1987). Características físico-químicas dos igarapés indicam o regime de marés como fator determinante de variações ecológicas na ictiofauna, devendo ser consideradas no planejamento de pesquisas na região.

Esta situação indica a necessidade de estudos subsequentes sobre os efeitos da maré nos ecossistemas do litoral maranhense, antes que outros levantamentos de caráter ecológicos sejam realizados, evitando-se desperdícios adicionais de esforço e tempo de pesquisa.

**Agradecimentos** - Agradecemos ao Prof. Antônio Carlos L. de Castro e à Dra. Rosângela Teixeira Lessa pela oportunidade de desenvolver o presente trabalho na UFMA, à Profa. T. Barros pelo apoio concedido às atividades de pesquisa e ao Prof. R. Patrício pelo apoio na área de Informática. Também agradecemos aos funcionários Albino, Tomás e J. Raimundo pela qualidade dos serviços prestados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blaber, S. J.M. 1980. Fish of the Trinity inlet system of North Queensland with notes on the ecology of fish faunas of tropical Indo-Pacific estuaries. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, v. 31, p. 137-146, 1980.
- Blaber, S. J.M. & Blaber, T.G. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *J. Fish. Biol.*, v. 17, p. 143-162, 1980.
- Carvalho, J. L.B. & Ferreira, H. O. *Contribuição ao estudo do comportamento hidráulico - sedimentológico do estuário do Rio Tibiri, Ilha de São Luís, MA*. Resumos do III Ciclo de Estudos Biológicos da UFMA, p. 23, São Luis, 1988.
- Fabre, N. N. & Cousseau, M. B. Sobre la determinacion de la edad y el crecimiento del lenguado *Paralichthyes isosceles* aplicando retrocálculo. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 50, n.2, p. 346-354, 1990.
- Fernandes, G. L. Estudo da alimentação da "corvina-boca-mole", *Macrodon ancylodon* - Teleostei, Sciaenidae, na Ilha de São Luís - Maranhão. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, São Luís, v. 4, n.1, p. 51-64, 1981a.
- Fernandes, G. L. 1981b. Sobre a alimentação do peixe-pedra, *Genyatremus luteus* (Teleostei, Pomadasyidae). *Bol. Lab. Hidrobiol.*, São Luís, v.4, n.1, p. 65-76, 1981b.
- Ferreira, H. O. *Contribuição ao estudo das correntes de maré dos estreitos de Coqueiros e Mosquitos*. LABOHIDRO, Relatório Interno, 7p. São Luís, 1989.
- Hobson, E.S. Diurnal-nocturnal activity of some inshore fishes in the Gulf of California. *Copeia*, n. 3, p. 291-302, 1965.
- Hughes, D. A. On the endogenous control of tide associated displacement of pink shrimp, *Penaeus duorarum*. *Biol. Bull. Mar. Biol.*, Woods Hole, n. 142, p. 271-280, 1972.
- Livingston, R.J. Field sampling in estuaries: the relationship of scale to variabilities. *Estuaries*, v.10, n.3, p. 194 - 207, 1987 .
- Margalef, R. *Ecologia*. Editorial Omega, 961 p., Barcelona, 1982.
- Quinn, N. J. & Kojis, B. L. Evaluation of day- night differences in trawl catches in a tropical estuary. *Science In New Guinea*, v.10, n.3, p. 172-186, 1983.
- Quinn, N. J. & Kojis, B. L. The influence of dial cycle, tidal direction and trawl alignment on beam trawl catches in an equatorial estuary. *Environ. Biol. Fish.*, v.19, n.4, p. 297-308, 1987.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, 117 p., Urbana, 1949.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1981. *Biometry*. W. H. Freeman and Co., 859 p., San Francisco, 1981.
- Stride, R. *Diagnóstico da pesca artesanal no litoral do Maranhão*. FINEP/ODA, 131 p., São Luis, 1988.
- SUDAM. *Caracterização ambiental e prospecção pesqueira do estuário do Rio Cururuca, Maranhão*. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 141 p., Belém, 1983.
- SUDAM/UFMA. *Prospecção do estuário do Rio Paciência, Maranhão. Parte II - Crustáceos e peixes*. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, Relatório Final, 57 p., São Luís, 1985
- Wilhm, J. L. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, v.49, p. 153-156, 1968.