UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
MESTRADO EM BIOLOGIA ANIMAL

DINÂMICA POPULACIONAL DE *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) NA PRAIA DE MURO ALTO, IPOJUCA, PERNAMBUCO

EDUARDO JOSÉ DE BARROS LIMA

RECIFE
2006

EDUARDO JOSÉ DE BARROS LIMA

DINÂMICA POPULACIONAL DE *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) NA PRAIA DE MURO ALTO, IPOJUCA, PERNAMBUCO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Biologia Animal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas na área de Biologia Animal.

ORIENTADOR:
Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO BOTELHO DE SOUZA

RECIFE
2006

Lima, Eduardo José de Barros

Dinâmica populacional de *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) (Echinodermata : Echinoidea) na praia de Muro Alto, Ipojuca, Pernambuco / Eduardo José de Barros Lima. – Recife : O Autor, 2006.

65 folhas : il., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Biologia Animal, 2006.

Inclui bibliografia.

1. Zoologia – Biologia animal – Echinodermata : Echinoidea. 2. *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) – Dinâmica populacional – Praia de Muro Alto, Ipojuca, Pernambuco. 3. *E. lucunter* – Crescimento, taxa de mortalidade, padrão de recrutamento, densidade, padrão de distribuição, ciclo reprodutivo e gametogênico. I. Título.

593.95	CDU (2.ed.)	UFPE
593.95	CDD (22.ed.)	BC2006-259

EDUARDO JOSÉ DE BARROS LIMA

DINÂMICA POPULACIONAL DE *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) (ECHINODERMATA: ECHINOIDEA) NA PRAIA DE MURO ALTO, IPOJUCA, PERNAMBUCO

Dissertação defendida e aprovada, em 24 de fevereiro de 2006, pela Banca Examinadora:

Titulares:

Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza (Depto. Zoologia/UFPE)

Prof. Dr. Paulo Jorge Parreira dos Santos (Depto. Zoologia/UFPE)

Prof. Dr. Carlos Daniel Perez (Depto. Zoologia/UFPE)

Prof. Dr. Mauro Maida (Depto. Oceanografia/UFPE)

Suplentes:

Prof. Dr. Severino Mendes de Azevedo Júnior (Depto. Zoologia/UFPE)

Profa. Dra. Paula Braga Gomes (Depto. Biologia/UFRPE)

RECIFE

2006

Aos meus pais,
José Lima de Oliveira e
Antonia de Barros Godoi Lima,
Aos meus irmãos,
Erberth, Elga e Erika,
À minha namorada,
Catarina Lima, com todo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza, pela amizade, compreensão e orientação deste trabalho.

A Dra. Janaina Miranda, do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, pela disponibilidade dos equipamentos do Laboratório de Biologia Celular e Ultra-estrutura, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

A Profa. Dra. Cleide Maria Ribeiro de Albuquerque, da Universidade Federal de Pernambuco, pela disponibilidade dos equipamentos do Laboratório de Invertebrados Terrestres.

A Profa. Dra. Maria Eduarda Lacerda de Larrazábal, coordenadora do Mestrado em Biologia Animal, pelo incentivo e estrutura oferecida ao bom desenvolvimento deste trabalho.

Aos técnicos Raimundo Pimentel, Fábia Lira e Elisângela Dias, do Laboratório de Biologia Celular e Ultra-estrutura, do Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, pela amizade, presteza e ajuda técnica na confecção de fotografias e histologia do material coletado.

A todos os professores, funcionários e colegas do mestrado em Biologia Animal, da Universidade Federal de Pernambuco, pelo convívio e incentivo ao longo de todo o curso de mestrado.

Aos amigos: Andréa Branco, Alessandra Botelho, Alzira Patrícia (Tita Linda), Danielle Menor, Emmanuela Paiva, Hilquias Andrade, Leonardo, Mônica e Paulo Botter, Maria dos Prazeres, Paula Brayner, Paulo Bonifácio, Priscila Murolo, pela ajuda valiosa em campo ou no laboratório durante a realização deste trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, meu muitíssimo OBRIGADO!

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758). (Foto: Raimundo Pimentel) 13

Figura 2. Fotografia aérea da praia de Muro Alto. (Foto: João Castelo Branco) 19

Figura 3. Mapa da praia de Muro Alto, mostrando a localização dos pontos de coleta georeferenciados. (Fonte: SUDENE. Folha Ponta da Gambôa SC.25-V-A-III-3-SO, 1974. Escala 1:25.000) 22

Figura 4. Densidade média de *Echinometra lucunter* ao longo dos 4 pontos de coleta na praia de Muro Alto, no período estudado (média ± desvio padrão). 26

Figura 5. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T1; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 31/08/2004. 29

Figura 6. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T2; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 27/10/2004. 30

Figura 7. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T3; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 11/12/2004. 31

Figura 8. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T4; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 10/02/2005. 32

Figura 9. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T5; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 26/04/2005. 33

Figura 10. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T6; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 23/06/2005. 34

Figura 11. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T5; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 19/08/2005. 35

Figura 12. Distribuição da freqüência de *Echinometra lucunter* em classes de

tamanho do diâmetro maior da carapaça. N: número total de exemplares mensurados na população. 37
Figura 13. Distribuição da freqüência de *Echinometra lucunter* em classes de tamanho do diâmetro maior da carapaça dos exemplares coletados no período de agosto de 2004 a agosto de 2005. N: número total de exemplares mensurados em cada mês. 38
Figura 14. Progressões modais identificadas pelo método de Bhattacharya (1967). Intervalo de classe de 2,5 mm. 40
Figura 15. Distribuição da freqüência de tamanho do diâmetro maior da carapaça de *Echinometra lucunter*, por amostragem bimestral, entre agosto de 2004 e agosto de 2005. Curvas de crescimento de 3 coortes sobrepostas nos histogramas, geradas pelo ELEFAN I. 40
Figura 16. Padrão de recrutamento de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto. 41
Figura 17. Variação mensal do índice gonadal (IG) de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto (média ± desvio padrão). 42
Figura 18. Variação mensal da temperatura e da salinidade nos pontos de coleta associados ao índice gonadal na praia de Muro Alto. 42
Figura 19. Variação mensal do índice gonadal (IG) de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto (média ± desvio padrão). A: Fêmeas; B: Machos. 43
Figura 20. Flutuação da razão sexual mensal de *Echinometra lucunter* entre agosto de 2004 e agosto de 2005 na praia de Muro Alto. N=195. 44
Figura 21. Estágios de maturação máxima das gônadas de *Echinometra lucunter* de indivíduos a partir de 20 mm de diâmetro maior da carapaça. A: Testículo maduro; B: Ovário maduro. (Aumento: 200x; Coloração: H.E.). 46
Figura 22. Estágios de desenvolvimento gonadal em fêmeas de *Echinometra lucunter*. A: Proliferação; B: Em maturação; C: Maturação máxima com tecido de reserva; D: Maturação máxima; E: Desova; F: Reserva. EP: Epitélio germinativo; FN: Fagócitos nutritivos; OP: Ovócito pré-vitelogênico; OV: Ovócito vitelogênico; OM: Ovócito maduro; OR: Ovócito remanescente; L: Lúmen. (Aumento: 100x; Coloração: H.E.). 50

Figura 23. Estágios de desenvolvimento gonadal em machos de *Echinometra lucunter*. A: Proliferação; B: Em maturação; C: Maturação máxima com tecido de reserva; D: Maturação máxima; E: Emissão de gametas; F: Reserva. FN: Fagócitos nutritivos; CP: Células primárias; SP: Espermatozóides; SE: Série espermatogênica. (Aumento: 100x; Coloração: H.E.). 51

Figura 24. Freqüência relativa dos estágios gonadais de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto. A: Fêmeas; B: Machos. 53

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Densidade populacional de *Echinometra lucunter* por amostragem bimestral, entre agosto de 2004 e agosto de 2005, na praia de Muro Alto. 26

Tabela 2. Variação da temperatura e da salinidade nas transversais de coleta de *Echinometra lucunter* por amostragem bimestral, entre agosto de 2004 e agosto de 2005, na praia de Muro Alto. 27

Tabela 3. Padrão de dispersão de *Echinometra lucunter* nos pontos de coleta. C.D.: Coeficiente de dispersão; X^2: Qui-quadrado; $X^2_{0,975;\ 41}$=25,21; $X^2_{0,025;\ 41}$=60,56. 28

Tabela 4. Proporção estimada entre juvenis e adultos de *Echinometra lucunter* para o diâmetro maior da carapaça (D.M.C.), por amostragem bimestral, na praia de Muro Alto. 36

Tabela 5. Modas de *Echinometra lucunter* estimadas pelo método de Bhattacharya (1967), por amostragem bimestral, de agosto de 2004 a agosto de 2005, na praia de Muro Alto. 39

Tabela 6. Correlação linear de Pearson entre o índice gonadal (IG) e as variáveis morfológicas e ambientais na praia de Muro Alto. 44

Tabela 7. Tamanho 1ª maturação sexual de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto. D.M.C.: diâmetro maior da carapaça. 45

RESUMO

O equinóide regular *Echinometra lucunter* é uma espécie comestível e comum ao longo de toda a costa brasileira, sendo um importante indicador do limite entre o médio e o infralitoral, com participação ativa como agente bioerosivo dos recifes. Este trabalho teve por objetivo investigar a dinâmica populacional numa poça de maré, na praia de Muro Alto, litoral sul de Pernambuco, no período de agosto de 2004 a agosto de 2005. Cerca de 2.635 exemplares foram capturados, durante as marés baixas de sizígia, em 42 m^2 de área amostrada. A densidade média registrada foi de 62,74 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade observada em outubro/2004 (112,17 ind.m^{-2}) e a menor em abril/2005 (20 ind.m^{-2}). O coeficiente de dispersão revelou um padrão de distribuição agregado. O tamanho médio do diâmetro maior da carapaça foi de 26,35 mm, variando de 17,58 a 35,58 mm, ao passo que a altura da carapaça variou de 8,24 a 17,85 mm e seu valor médio foi de 12,71 mm. O maior índice gonadal médio registrado foi de 4,26% em outubro/2004 e o menor foi de 0,71% em março/2005. A razão sexual foi de 1,12:1, com variação temporal significativa. A primeira maturação ocorreu em indivíduos a partir de 20 mm de diâmetro. Foi registrado um recrutamento anual e estimados os parâmetros de crescimento: tamanho infinito, taxa de crescimento e mortalidade com valores de 115 mm, 0,280 ano^{-1} e 0,600 ano^{-1}, respectivamente. Os resultados deste trabalho assinalam diferenças e similaridades para *E. lucunter* de outras localidades, como também com outras espécies de equinóides regulares, quanto aos parâmetros de crescimento, taxa de mortalidade, padrão de recrutamento, densidade e padrão de distribuição, ciclo reprodutivo e gametogênico.

ABSTRACT

The regular echinoid *Echinometra lucunter* is an edible species and common along the Brazilian coast, being an important indicator of the limit between intertidal and infralitoral zones and acting in the erosion of the reefs. The purpose of this work was to analyze the population dynamics of this species in a tide pool of Muro Alto beach in Pernambuco - Brazil from August, 2004 to August, 2005. A total of 2.635 urchins were collected during low spring tides in a 42 m^2 sampled area. The average density was 62.74 $ind.m^{-2}$, with highest density in October (112.17 $ind.m^{-2}$) and the lowest one in April (20 $ind.m^{-2}$). The population presented an aggregated distribution pattern. The Global average size of the larger test diameter was 26.35 mm, ranging from 17.58 to 35.58 mm; the height of the test ranged from 8.24 to 17.85 mm and its average value was 12.71 mm. The highest average gonadal index was 4.26% in October, 2004 while the lowest was 0.71% in March, 2005. Sex ratio was 1.12:1 with significant seasonal variation. Mature individuals were found from 20 mm test diameter. An annual period of recruitment was observed. The von Bertalanffy parameters were L_∞= 115 mm, K= 0.280 $year^{-1}$ and mortality of 0.60 $year^{-1}$. The results of this work showed differences and similarities with *E. lucunter* from different places, as well as with other species of regular Echinoids, considering its growth parameters, mortality rate, recruitment pattern, density and distribution pattern, as well reproductive and gametogenic cycles.

SUMÁRIO

Página

AGRADECIMENTOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO 12

2. OBJETIVOS 17

2.1. Geral 17

2.2. Específicos 17

3. MATERIAIS E MÉTODOS 18

3.1. Área de Estudo 18

3.2. Amostragem e Processamento do Material Coletado 20

3.3. Tratamento Estatístico dos Dados 23

4. RESULTADOS 26

4.1. Densidade Populacional e Distribuição Espacial 26

4.2. Estrutura de Tamanho dos Equinóides 36

4.3. Crescimento, Mortalidade e Recrutamento 39

4.4. Variação do Índice Gonadal (IG) 41

4.5. Razão Sexual 44

4.6. Tamanho de 1ª Maturação Sexual 45

4.7. Descrição dos Estágios do Desenvolvimento Gonadal 47

4.7.1. Fêmeas 47

4.7.2. Machos 48

4.8. Freqüência dos Estágios do Desenvolvimento Gonadal 52

5. DISCUSSÃO 54

6. CONCLUSÕES 59

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS* 60

1. INTRODUÇÃO

No mundo existem cerca de 900 espécies pertencentes à classe Echinoidea, das quais 105 (11,7%) ocorrem no Brasil, sendo 17 (1,9%) citadas para o litoral paulista (HADEL et al., 1999) e apenas sete (0,8%) para o litoral pernambucano (FERNANDES; TOMMASI; LIMA, 2002). Os organismos da classe Echinoidea se distribuem desde a região do mediolitoral até cerca de 4.800 m de profundidade. Os equinóides regulares vivem notadamente sobre fundos consolidados, mas ocorrem, também, em fundos inconsolidados, enquanto que os irregulares são típicos de fundos inconsolidados, existindo algumas espécies que vivem enterradas no sedimento (HADEL et al., 1999).

Os equinóides regulares, conhecidos popularmente como ouriços-do-mar ou “pindás”, apresentam um corpo globóide constituído de placas calcárias imbricadas que formam uma carapaça rígida. Dentre estes, destaca-se a ordem Echinoida Claus, 1876 compreendida no Brasil por três famílias: Echinidae Gray, 1825, Echinometridae Gray, 1825 e Toxopneustidae Troschel, 1872. A família Echinometridae está representada por uma única espécie: *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) (FERNANDES; TOMMASI; LIMA, 2002).

Há quem afirme que os ouriços-do-mar têm propriedades afrodisíacas e suas gônadas são comestíveis. Atualmente, as gônadas de ouriços-do-mar constituem o produto marinho que alcança o maior preço nos mercados internacionais, entre 50 a 100 dólares/kg, causando a expansão mundial desta pescaria, com volumes de produção em torno de 60.000 toneladas anuais (HAGEN, 1996). Os principais exportadores de ouriços-do-mar são os Estados Unidos, Chile, Coréia, Islândia e Noruega, e o maior mercado é o Japão, onde a principal demanda é por gônadas, conhecidas por “uni”. O mercado anual de “uni” está estimado em mais de 200 milhões de libras esterlinas, alcançando preços de 77 a 115 libras esterlinas/kg no Japão. Uma grande quantidade de “uni” é também consumida como barra de “sushi” através do mundo com preços de até 87 libras esterlinas/kg em Londres (PENFOLD; HUGHSON; BOYLE, 1996). No Brasil, esta exploração não é regulamentada de modo satisfatório, acarretando grande devastação nas populações naturais. São duas as espécies de

ouriços-do-mar que vêm sendo consumidas no litoral do estado de São Paulo: *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) e *E. lucunter* (HADEL et al., 1999).

E. lucunter (Figura 1) é um equinóide comestível e o mais comum em todo o litoral rochoso do Brasil, de Pernambuco a Santa Catarina (RATHBUN, 1879). Trata-se de uma espécie escavadora de fundos duros que se alimenta de algas e animais incrustantes, podendo ser encontrada do litoral até 45 m de profundidade (TOMMASI, 1966), freqüentemente ocupando fendas ou tocas escavadas pela ação dos seus espinhos e dentes sobre o substrato rochoso (HENDLER et al., 1995). Sua distribuição geográfica se estende da Carolina do Norte (EUA) e Bermuda, para o sul através do Caribe e América Central Oriental, até Santa Catarina (Brasil), e ao longo da África Ocidental (BERNASCONI, 1955; BRITO, 1962, 1968; HENDLER et al., 1995; TOMMASI, 1957, 1966). Em Pernambuco, é o equinóide regular mais comumente encontrado em todas as formações recifais, desde Pontas de Pedra (litoral norte) até São José da Coroa Grande (litoral sul), sendo um importante indicador do limite entre o médio e o infralitoral, com participação ativa como agente bioerosivo dos recifes, escavando-os durante sua alimentação (FERNANDES; TOMMASI; LIMA, 2002).

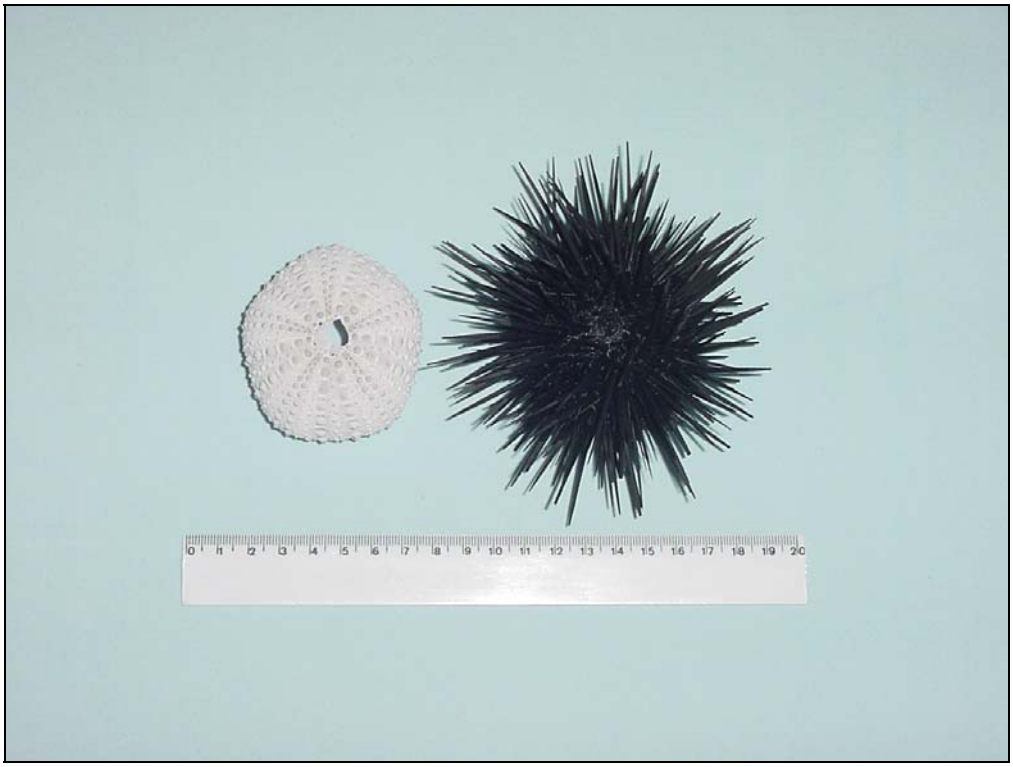

Figura 1. *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758). (Foto: Raimundo Pimentel)

A densidade de *E. lucunter* é um fator significante na bioerosão da estrutura dos recifes de coral devido a sua habilidade escavadora (HENDLER et al., 1995). Em Tamandaré, litoral sul de Pernambuco, Pereira (2001) constatou que as taxas de bioerosão de *E. lucunter* variaram de 9,05 a 23,31 $gCaCO_3/m^2$/dia, ao longo do complexo recifal. No entanto, no recife de Nukubuco, Ilhas Fiji, Appana e Vuki (2003) observaram diferentes taxas de bioerosão para a espécie *Echinometra* sp. A, variando de 35 a 37 $gCaCO_3/m^2$/dia nas cristas recifais e de 30 a 43 $gCaCO_3/m^2$/dia nos topos recifais.

Segundo Hendler (1977a), a exposição de *E. lucunter* durante as marés baixas na Ilha de Galeta, no Panamá, resultou numa forte predação pela ave *Arenaria interpres* (Linnaeus, 1758), um importante predador de *E. lucunter* apenas no período máximo de sua migração. De outro lado, o gastrópode *Cypraecassis testiculus* (Linnaeus, 1758) exerce uma pressão contínua sobre a população desse ouriço. Em Galeta, constatou-se que 30% da mortalidade anual de *E. lucunter* foi provocada por estes dois predadores (HENDLER, 1977a).

O estresse físico ambiental pode exercer forte influência sobre os parâmetros morfológicos e fisiológicos de *E. lucunter*. Em Barbados (West Indies), Lewis e Storey (1984) observaram que ouriços de áreas de alta energia de ondas tinham carapaças espessas, menores, mais lisas e mais estreitas, e com o padrão de inserção das placas oculares do sistema apical, diferentemente de ouriços de áreas de baixa energia de ondas. Conseqüentemente, ouriços de ambientes sujeitos a forte ação das ondas desovaram uma vez no ano, ao passo que os de áreas com menor influência de ondas desovaram duas vezes. Em Florida Keys, entretanto, McPherson (1969) mostrou que *E. lucunter* tem um ciclo reprodutivo anual, desovando no final do verão. Ainda segundo este autor, indivíduos de *E. lucunter* procedentes de diversas localidades apresentaram um ciclo reprodutivo similar, cujo crescimento relativo das gônadas e tamanho da carapaça foram maiores em áreas recifais próximas da costa do que em áreas recifais distantes da costa.

McGehee (1992) observou padrões de distribuição e de abundância de *E. lucunter* em diferentes ambientes recifais, definidos pelo grau de movimentação de água, pela profundidade e pelo tamanho da partícula do substrato. Segundo este autor,

E. lucunter foi mais abundante em águas rasas (até 3 m de profundidade) na área da crista recifal frontal ("forereef") de recifes mais próximos da costa, submetidos a maior exposição de ventos e correntes. De acordo com Sánchez-Jérez et al. (2001), essa espécie também foi a mais abundante, com preferência por substratos rasos sujeitos à ação de ondas, aumentando na direção do sudeste para o nordeste ao longo de uma linha de costa de 100 km do litoral paulista. Outrossim, Pompa, Prieto e Manrique (1989), investigando uma população de *E. lucunter* em uma área rasa de Turpialito, Golfo de Cariaco, na Venezuela, constataram que a abundância foi maior em profundidades de 0 a 1,2 m, diminuindo com o aumento da profundidade. A densidade média registrada foi de 10,88 ind.m^{-2}, mostrando diferenças significativas entre os meses, com a maior densidade ocorrendo em dezembro de 1980, janeiro e maio de 1981, e a menor (7,3 ind.m^{-2}) em março de 1981. A população constituiu-se de uma mistura de classes de tamanho, com predomínio de ouriços adultos. Porém, as classes mais jovens (0,0 a 10,0 mm de diâmetro maior da carapaça) cresceram em número entre abril e julho de 1981, enquanto que o padrão de dispersão da espécie na área ocorreu de modo agregado e crescente entre novembro de 1980 e março de 1981.

Apesar dos trabalhos descritivos realizados sobre taxonomia e/ou distribuição de *E. lucunter* no Atlântico tropical, tais como: Bernasconi (1955), Brito (1960, 1962, 1968), Fernandes, Tommasi e Lima (2002), Hendler et al. (1995), Lima-Verde (1969), McGehee (1992), Pereira (2001), Pompa, Prieto e Manrique (1989), Rathbun (1879), Sánchez-Jérez et al. (2001) e Tommasi (1957, 1959, 1966), outros equinóides têm sido alvo de pesquisas em biologia populacional. Por exemplo, o equinóide regular, *L. variegatus*, e os irregulares, *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) e *Cassidulus mitis* Krau, 1954, foram investigados quanto ao crescimento e distribuição espaço-temporal (BORZONE, 1992/93; FREIRE et al., 1992; JUNQUEIRA, 1998; TAVARES; BORZONE, 1998). Em relação ao ciclo reprodutivo e gametogênese as espécies *L. variegatus* e *C. mitis* também foram investigadas (JUNQUEIRA, 1998; MacCORD; VENTURA, 2004). Recentemente, Ventura et al. (2003) observaram diferenças morfológicas e fisiológicas entre populações de *E. lucunter* no Arraial do Cabo (RJ) e no Arquipélago de Abrolhos (BA), enquanto que Tavares (2004) registrou importantes aspectos ecológicos e da

biologia reprodutiva de *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) e *E. lucunter*, no litoral paranaense.

Embora existam muitos fatores ambientais e biológicos que podem interferir na distribuição espacial e na abundância das populações de equinóides, tais como: assentamento larval, disponibilidade de alimento, competição por espaço, predação, heterogeneidade e complexidade ambiental (METAXAS; YOUNG, 1998), existem escassas informações sobre a dinâmica populacional de *E. lucunter*, principalmente no Brasil.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Investigar a dinâmica populacional de *Echinometra lucunter* numa poça de maré na praia de Muro Alto, no município de Ipojuca, litoral sul de Pernambuco.

2.2. Específicos

1. Estimar os parâmetros populacionais, crescimento, mortalidade e recrutamento, a partir da estrutura de tamanho dos equinóides;

2. Analisar a variação mensal do índice gonadal, relacionando-a aos parâmetros morfológicos e ambientais (temperatura e salinidade);

3. Examinar histologicamente os diferentes estágios de desenvolvimento gametogênico na população de *E. lucunter*.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O estado de Pernambuco está situado geograficamente entre os paralelos de 07º28'08 "e 09º28'40" de latitude sul e entre os meridianos de 34º48'28 "e 41º21'28" de longitude a oeste de Greenwich (ALECRIM, 2003). Para Alecrim (2003), os 98.937,8 Km^2 de Pernambuco apresentam-se com uma configuração longitudinal em relação ao espaço da região Nordeste, cuja área equivale a 1,6% do Brasil e a 6,33% do Nordeste.

Em Pernambuco, há três zonas fisiográficas distintas: Litoral/Mata, Agreste e Sertão. O clima que domina a zona fisiográfica Litoral/Mata é o tropical quente e úmido, com precipitações de outono-inverno ou As, de acordo com a classificação climática de Köppen. A pluviometria média anual fica em torno dos 2.000 mm, tendo a porção mais ao sul, a chamada mata úmida ou mata meridional, índices pluviométricos um pouco mais elevados que os da mata seca ou mata setentrional. As temperaturas médias anuais ficam em torno dos 25ºC, apresentando pequena amplitude térmica com média anual por volta de ± 7ºC. As massas de ar que atuam na região são a Frente Polar Atlântica (FPA), a Tépida Kalaariana (TK), a Convergência Intertropical (CIT), que também atua no Arquipélago de Fernando de Noronha, e as perturbações ou ondas de leste (ALECRIM, 2003).

O relevo é caracterizado em sua faixa litorânea pela Planície Costeira que se apresenta de forma descontínua, intercalada por barreiras e pela intrusão granítica que deu origem ao Cabo de Santo Agostinho. Completando esta paisagem, há os terraços marinhos e fluviais, os estuários, as restingas e os cordões de recifes de arenito e corais, que acompanham paralelamente longos trechos dos 187 Km da costa pernambucana. Suas feições são complementadas pelas ilhas costeiras de Itamaracá (litoral norte) e Santo Aleixo (litoral sul) e pelas rochas provenientes de derrame vulcânico, na praia de Itapoama (ALECRIM, 2003). De acordo com Alecrim (2003), a vegetação que cobria a zona fisiográfica Litoral/Mata era composta quase na sua totalidade pela mata Atlântica, hoje reduzida a alguns remanescentes ainda encontrados em áreas um pouco mais afastadas da linha de costa. Ainda assim, no

litoral aparecem as associações típicas de restingas e as áreas estuarinas, com a presença dos manguezais, as palmáceas (coqueiros) e as formações de praias.

Turisticamente, o município de Ipojuca destaca-se por suas belas praias e diferentes paisagens, com trechos em mar aberto e outros protegidos pelos recifes, favorecendo os mais diversos tipos de esportes náuticos. Dentre elas, está a praia de Muro Alto, caracterizada por sua paisagem dominada por terraços marinhos que chegam até a praia e por dois extensos e retilíneos cordões de recifes que se estendem por mais de 1 km, formando uma grande piscina natural (Figura 2). Sua extensão é de aproximadamente 2,5 Km em praia de morfologia quebrada, de areias grossas e dourada. Ao norte, situa-se o Porto de Suape e ao sul a praia do Cupe. A vegetação é rasteira, com presença de coqueiros espaçados ao norte e mais densos ao sul. Há um pequeno trecho com espécies de mangue que completa sua paisagem vegetal. É apropriada para o banho, sendo pouco profunda, com ondas fracas na preamar e inexistência de ondas na baixa-mar. Em alguns trechos, há sinais de erosão marinha (EMPRESA DE TURISMO DE PERNAMBUCO, 1998).

Figura 2. Fotografia aérea da praia de Muro Alto. (Foto: João Castelo Branco)

3.2. Amostragem e Processamento do Material Coletado

A estrutura populacional de *E. lucunter* foi investigada em uma poça de maré situada no topo do recife de arenito, na praia de Muro Alto, durante as marés baixas de sizígia (0,0 a 0,3 m), através de sete amostragens bimestrais, tanto da densidade quanto do tamanho da carapaça dos indivíduos, no período de agosto de 2004 a agosto de 2005.

Dentro de uma área fixa de 25.920 m^2 (360x72 m), com linha-base paralela à linha recifal, sete transversais fixas (T1 a T7), eqüidistantes 60 m, foram estabelecidas por meio de posicionamento global por satélite (GPS) e seus perfis registrados por meio de instrumento óptico utilizado em topografia (nível ótico). Estas transversais foram traçadas a partir da crista recifal traseira ("backreef") até a distância de 72 m (Figura 3). A cada dois meses, uma amostragem sistemática foi realizada ao longo de uma transversal com quatro pontos de coleta fixos (P1 a P4), distantes 18 m entre si, posicionados na região mediolitoral do recife de arenito, nos quais se capturou manualmente os ouriços através de seis quadrados de 0,25 m^2, contíguos e perpendiculares à linha transversal, totalizando 24 unidades amostrais. Concomitantemente, foi registrada a temperatura e a salinidade da água de fundo junto ao substrato. A temperatura foi mensurada com um termômetro de bulbo seco, em graus Celsius, e a salinidade a partir de um refratômetro portátil, em unidade prática de salinidade (UPS).

No laboratório de Dinâmica de Populações de Invertebrados Bentônicos, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), os exemplares foram conservados em formol a 4% e, posteriormente, mensurados com paquímetro de precisão 0,01 mm em quatro medidas: diâmetro maior da carapaça (D.M.C.), diâmetro menor da carapaça (D.m.C.), altura da carapaça (A.C.), e altura da lanterna-de-Aristóteles (A.L.). Os exemplares com diâmetro menor ou igual a 8 mm foram medidos sob lupa binocular com uma ocular de medida micrométrica.

A fim de analisar a variação do índice gonadal e os estágios da gametogênese em preparados histológicos, foram capturados mensalmente quinze exemplares adultos

(33 a 65 mm de D.M.C.) de *E. lucunter* nas adjacências dos pontos de coleta P3 ou P4, no período de agosto de 2004 a agosto de 2005.

Em laboratório, exemplares destinados à dissecação foram fixados via peristômio e conservados em formol a 4% até o processamento. Posteriormente, os ouriços foram mensurados com paquímetro (precisão 0,01 mm) seus diâmetros e alturas (carapaça e lanterna-de-Aristóteles). A gônada inter-radial que se abre no gonóporo da placa genital modificada em madreporito foi retirada e fixada em formol a 10% por 72 horas, sendo, posteriormente, desidratada em série alcoólica, diafanizada em tolueno e incluída em parafina histológica. Cortes histológicos de 7µm foram obtidos com auxílio de um micrótomo manual da marca Leica, montados em lâminas e corados em hematoxilina e eosina (H.E.). A carapaça dissecada (com espinhos + trato digestivo livre de conteúdo alimentar + lanterna-de-Aristóteles) e demais gônadas foram levadas separadamente à estufa a 120ºC por 48 horas, sendo o peso seco obtido em balança de precisão de 10^{-4} g.

Os estágios da gametogênese foram classificados de acordo com a descrição de Tavares (2004), na qual, apresentou cinco estágios de desenvolvimento, tanto em fêmeas quanto em machos de *E lucunter*. Estes estágios foram: proliferação, em maturação, maturação máxima, emissão de gametas e reserva. Em adição, o tamanho de primeira maturação foi estimado a partir da análise histológica de 45 exemplares (10 a 30 mm de D.M.C.) coletados em outubro de 2004, no período de maturação máxima na população de adultos.

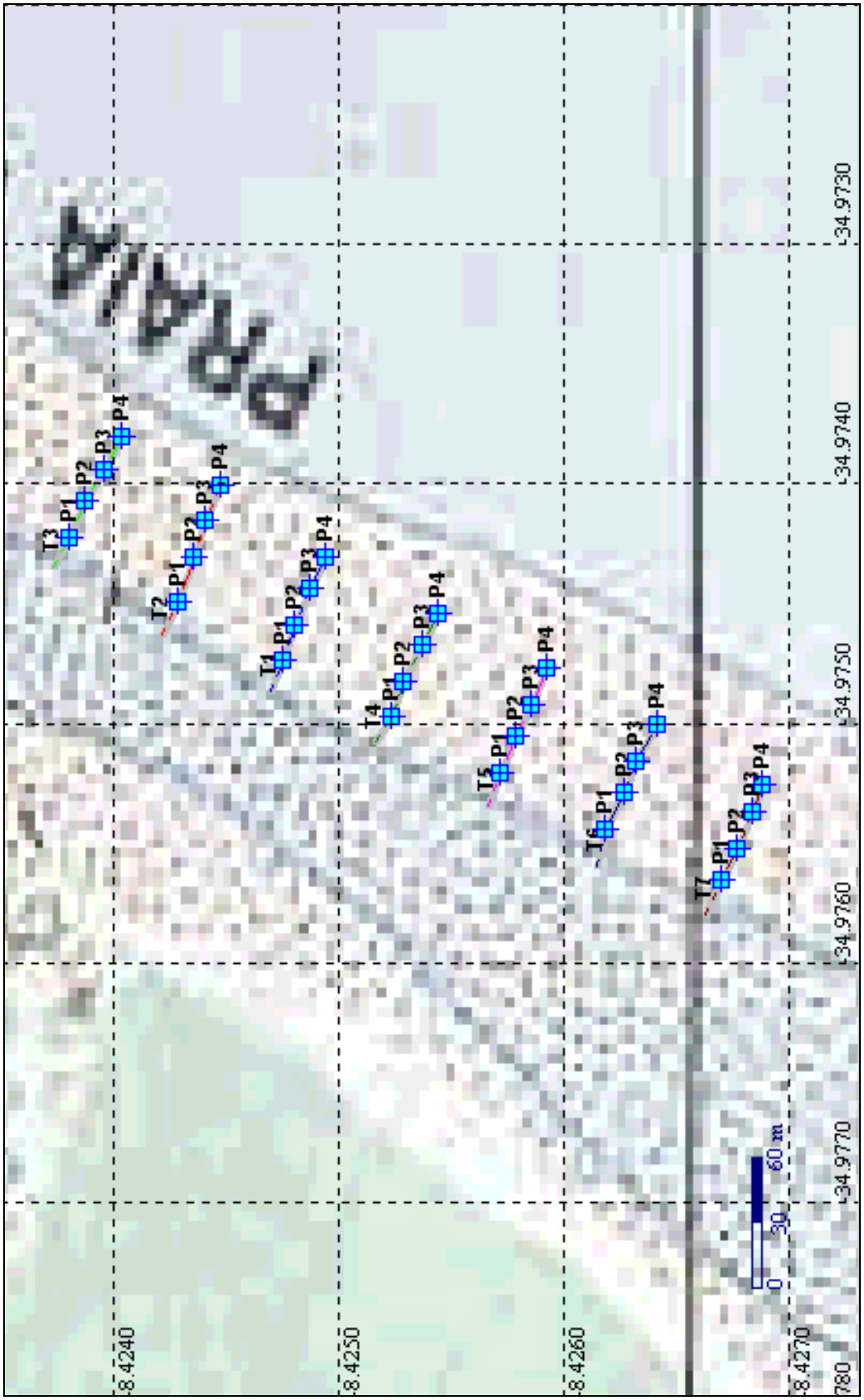

Figura 3. Mapa da praia de Muro Alto, mostrando a localização dos pontos de coleta georeferenciados. (Fonte: SUDENE. Folha Ponta da Gambôa SC.25-V-A-III-3-SO, 1974. Escala 1:25.000)

3.3. Tratamento Estatístico dos Dados

Foram coletados, bimestralmente, 24 quadrados de 0,25 m^2, resultando em um esforço amostral de 6 m^2, ao longo de cada transversal. A prova não-paramétrica de Kruskal-Wallis foi utilizada para verificar a existência de diferenças entre as densidades dos pontos de coleta, em cada transversal amostrada. Esta prova, quando comparada à análise de variância para dados paramétricos (prova F), tem poder-eficiência de 95,5% (SIEGEL, 1975). O teste a *posteriori* de Dunn foi utilizado para localizar possíveis diferenças de densidade entre os pontos de coleta e entre as amostragens bimestrais. O programa BIOESTAT (versão 3.0) foi utilizado para todas estas análises, adotando o nível de significância α de 0,05.

O padrão de distribuição espacial foi analisado por ponto de coleta através do coeficiente de dispersão (C.D.) (BAUER, 1976; POMPA; PRIETO; MANRIQUE, 1989) que representa a razão entre a variância e a média:

$$C.D. = S^2 / X,$$

onde C.D. é o coeficiente de dispersão, S^2 é a variância observada e X é a média observada. Os coeficientes foram classificados em 3 categorias: C.D.>1, distribuição agregada; C.D.=1, distribuição aleatória; C.D.<1, distribuição uniforme. Foi utilizado o teste de Qui-quadrado (X^2) para verificar a existência de distribuição de Poisson (onde, H_0: C.D. é igual a 1; H_1: C.D. é diferente de 1):

$$X^2 = C.D.(n-1),$$

onde n é o número de amostras; X^2 é o Qui-quadrado, com n-1 graus de liberdade. O teste do coeficiente de dispersão é bilateral, pois há duas direções possíveis. Logo, o resultado obtido foi analisado, como segue: $X^2_{0,975;n-1} < X^2$ observado $< X^2_{0,025;n-1}$.

Para a análise de crescimento foi utilizado o modelo matemático de crescimento de von Bertalanffy (1938):

$$L_t = L\infty[\ 1 - e^{-K(t-to)}\ ],$$

onde L_t é o crescimento na idade t, L_∞ é o tamanho assintótico máximo, K é a constante de crescimento e t_0 é a idade com comprimento zero. Este modelo foi modificado por Somers (1988) com o intuito de introduzir uma oscilação sazonal na taxa de crescimento, podendo ser descrito pela seguinte equação:

$$L_t = L_\infty[\ 1 - e^{\ - K(t-to) - (CK/2\pi)\ [sen2\pi(t-ts) - sen2\pi(to-ts)]}\ ],$$

onde o parâmetro C é a intensidade da oscilação no crescimento, variando de 0 a 1. O parâmetro t_0 é a idade teórica atribuída ao indivíduo de comprimento zero, caso sua fase inicial de crescimento pudesse ser descrita pelo modelo considerado; t_s é o período do ano em que a taxa de crescimento atinge seu máximo, oposto ao WP ("winter point") que indica a época do ano em que a taxa de crescimento diminui (WP = t_s+0,5).

Para estimar os parâmetros de crescimento, procedeu-se à análise das coortes existentes nas distribuições de freqüência de tamanho pelo método de Bhattacharya (1967) implementada na rotina MPA (Modal Progression Analysis) do programa FISAT II (versão 1.0). A partir dos dados de incremento obtidos, foi utilizado o método de Appeldoorn (1987) para crescimento com variação sazonal. Em seguida, foram aplicadas as rotinas do ELEFAN I do mesmo programa, utilizando os parâmetros de crescimento obtidos (L_∞ e K) pelo método de Appeldoorn (1987), como dados de entrada. O ELEFAN I reestrutura os dados de freqüência de tamanho, calculando as freqüências médias e testando diferentes cominações de valores de K e L_∞, gerando diferentes curvas de crescimento. As curvas mais adequadas foram escolhidas com base no melhor índice de ajuste obtido (Rn), definido por:

$$Rn = 10^{\ ESP/ASP} / 10,$$

onde ESP ("Explained Sum of Peaks") é a soma dos picos explicáveis e ASP ("Available Sum of Peaks") é a soma dos picos disponíveis.

As rotinas do ELEFAN I não fornecem os valores de t_0, assim como não podem ser obtidos a partir unicamente de dados de freqüências de tamanhos (PAULY, 1987). Logo, estimativas de t_0 foram calculadas por meio da seguinte equação:

$$t_0 = (1/K)\ ln[(L_\infty - L_h)/L_\infty],$$

em que L_h é igual ao tamanho de eclosão (MOREAU, 1987). Neste trabalho, utilizou-se para o L_h o diâmetro maior da carapaça do recruta amostral (2,20 mm).

O padrão de recrutamento foi estimado através da projeção das distribuições de freqüência de tamanho sobre o eixo temporal, executado pela rotina de recrutamento do programa FISAT II.

A mortalidade total (Z) foi estimada pelo método da exponencial negativa:

$$N_t = N_0 e^{-zt},$$

onde t é o tempo e N_0 é o número de indivíduos quando t é igual a 0, por meio do método da curva de captura convertida a comprimento, existente no programa FISAT II.

O índice gonadal de *E. lucunter* foi calculado mensalmente pela fórmula:

$$IG = \frac{\text{peso seco de 4 gônadas}}{\text{[peso seco da carapaça dissecada - (gônadas + conteúdo alimentar)]}} \times 100,$$

como valores expressos em percentagem. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para verificar a existência de diferenças significativas entre o índice gonadal e os parâmetros morfológicos e ambientais. Para isso, utilizou-se o programa BIOESTAT (versão 3.0), adotando o nível de significância α de 0,05.

A razão sexual foi obtida mensalmente pela proporção: Nº. fêmeas / Nº. machos, sendo analisada estatisticamente pelo teste X^2 para comparação de freqüências entre fêmeas e machos de *E. lucunter*, aceitando-se a hipótese de nulidade, ao que se afirma que as proporções entre fêmeas e machos é de 1:1.

4. RESULTADOS

4.1. Densidade Populacional e Distribuição Espacial

No período de agosto de 2004 a agosto de 2005, foi capturado na praia de Muro Alto um total de 2.635 exemplares de *E. lucunter*, quando a densidade média global foi de 62,74 ind.m^{-2}, com as maiores densidades ocorrendo em outubro (112,17 ind.m^{-2}) e dezembro (100 ind.m^{-2}) de 2004 e a menor (20 ind.m^{-2}) em abril de 2005 (Tabela 1).

Tabela 1. Densidade populacional de *Echinometra lucunter* por amostragem bimestral, entre agosto de 2004 e agosto de 2005, na praia de Muro Alto.

TRANSVERSAL	DATA	DENSIDADE (ind.m^{-2})		N
		mínima – máxima	média ± desvio padrão	(ind.)
T1	31/08/2004	1,33 – 188,67	69,17 ± 89,56	415
T2	27/10/2004	0,00 – 426,00	112,17 ± 198,79	673
T3	11/12/2004	0,00 – 394,67	100,00 ± 176,18	600
T4	10/02/2005	0,00 – 184,00	50,67 ± 80,24	304
T5	26/04/2005	0,00 – 48,00	20,00 ± 22,53	120
T6	23/06/2005	0,00 – 236,67	65,17 ± 103,13	391
T7	19/08/2005	0,00 – 55,33	22,00 ± 25,35	132

Foi encontrada uma diferença espacial entre as densidades ao longo de cada transversal, com os pontos P1 e P2 sendo significativamente diferentes dos pontos P3 e P4 (H=12,104; gl=1; p<0,05) (Figura 4).

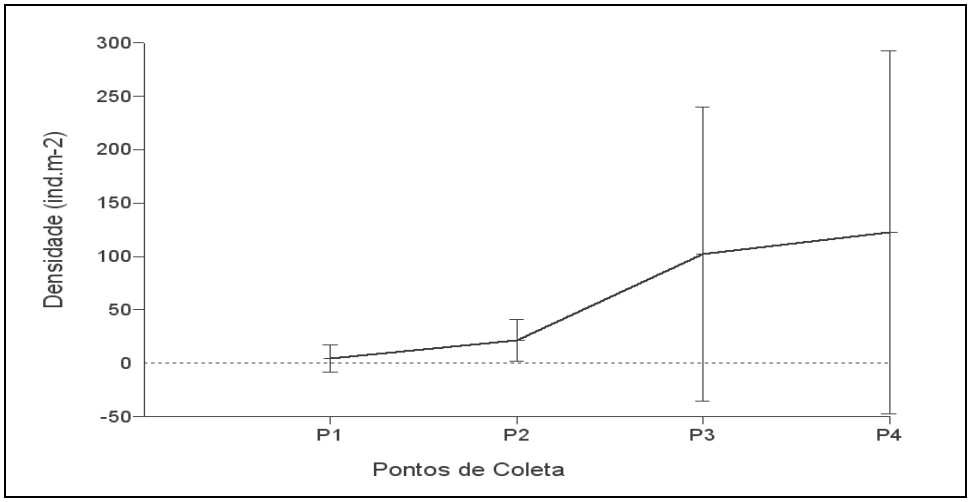

Figura 4. Densidade média de *Echinometra lucunter* ao longo dos 4 pontos de coleta na praia de Muro Alto, no período estudado (média ± desvio padrão).

Em relação aos parâmetros ambientais registrados, a temperatura da água de fundo variou temporalmente entre 28 e 37ºC e a salinidade variou entre 35 e 42 UPS (Tabela 2). Em ambos, não foi detectada nenhuma variação significativa entre os pontos de coleta (H=0,6352; H=0,4309; gl=3; p>0,05, respectivamente).

Tabela 2. Variação da temperatura e da salinidade nas transversais de coleta de *Echinometra lucunter* por amostragem bimestral, entre agosto de 2004 e agosto de 2005, na praia de Muro Alto.

TRANSVERSAL	DATA	TEMPERATURA (ºC) mínima – máxima	SALINIDADE (UPS) mínima – máxima
T1	31/08/2004	29,0 – 31,0	37,0 – 37,5
T2	27/10/2004	31,0 – 35,0	38,0 – 41,0
T3	11/12/2004	31,5 – 35,5	39,0 – 40,0
T4	10/02/2005	32,0 – 35,0	38,0 – 38,5
T5	26/04/2005	35,0 – 37,0	38,5 – 42,0
T6	23/06/2005	28,0 –28,5	35,0 – 35,0
T7	19/08/2005	28,0 – 28,0	37,0 – 37,0

As densidades de *E. lucunter* e os parâmetros ambientais nos pontos de coleta de cada amostragem bimestral encontram-se sumarizadas a seguir:

a) 31/08/2004 (transversal T1): foram capturados manualmente 415 exemplares, com uma densidade média de 69,17 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P4 (188,67 ind.m^{-2}) e a menor no ponto P1 (1,33 ind.m^{-2}). A temperatura da água de fundo variou entre 29 e 31ºC e a salinidade entre 37 e 37,5 UPS (Figura 5);

b) 27/10/2004 (transversal T2): foram capturados manualmente 673 exemplares, com uma densidade média de 112,17 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P4 (426 ind.m^{-2}) e a menor no ponto P1 (0 ind.m^{-2}). A temperatura da água de fundo variou entre 31 e 35ºC e a salinidade entre 38 e 41 UPS (Figura 6);

c) 11/12/2004 (transversal T3): foram capturados manualmente 600 exemplares, com uma densidade média de 100 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P3 (394,67 ind.m^{-2}) e a menor no ponto P1 (0 ind.m^{-2}). A temperatura da água de fundo variou entre 31,5 e 35,5ºC e a salinidade entre 39 e 40 UPS (Figura 7);

d) 10/02/2005 (transversal T4): foram capturados manualmente 304 exemplares, com uma densidade média de 50,67 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P3 (184 ind.m^{-2}) e as menores nos pontos P1 e P4 (0 ind.m^{-2}). A temperatura da água de fundo variou entre 32 e 35ºC e a salinidade entre 38 e 38,5 UPS (Figura 8);

e) 26/04/2005 (transversal T5): foram capturados manualmente 120 exemplares, com uma densidade média de 20 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P3 (48 ind.m^{-2}) e as menores nos pontos P4 e P1 (0 e 0,67 ind.m^{-2}, respectivamente). A temperatura da água de fundo variou entre 35 e 37ºC e a salinidade entre 38,5 e 42 UPS (Figura 9);

f) 23/06/2005 (transversal T6): foram capturados manualmente 391 exemplares, com uma densidade média de 65,17 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P4 (236,67 ind.m^{-2}) e a menor no ponto P1 (0 ind.m^{-2}). A temperatura da água de fundo variou entre 28 e 28,5ºC e a salinidade se manteve em torno de 35 UPS (Figura 10);

g) 19/08/2005 (transversal T7): foram capturados manualmente 132 exemplares, com uma densidade média de 22 ind.m^{-2}, sendo a maior densidade registrada no ponto P2 (55,33 ind.m^{-2}) e a menor no ponto P3 (0 ind.m^{-2}). A temperatura da água de fundo se manteve em 28ºC e a salinidade em 37 UPS (Figura 11).

Os coeficientes de dispersão de *E. lucunter* revelaram um padrão de distribuição agregado. Estes coeficientes foram significativamente maiores do que 1 nos pontos de coleta, por amostragem bimestral (Tabela 3).

Tabela 3. Padrão de dispersão de *Echinometra lucunter* nos pontos de coleta. C.D.: Coeficiente de dispersão; X^2: Qui-quadrado; $X^2_{0,975;\ 41}$=25,21; $X^2_{0,025;\ 41}$= 60,56.

PARÂMETROS	PONTOS DE COLETA			
	P1	P2	P3	P4
Nº. Amostras	42	42	42	42
Média	4,67	21,52	102,38	122,38
Desvio Padrão	12,46	19,37	137,50	169,75
Variância	155,25	375,38	18906,58	28816,44
C.D.	33,27	17,44	184,67	235,47
X^2	1364,00	715,04	7571,48	9654,07
PADRÃO	agregado	agregado	agregado	agregado

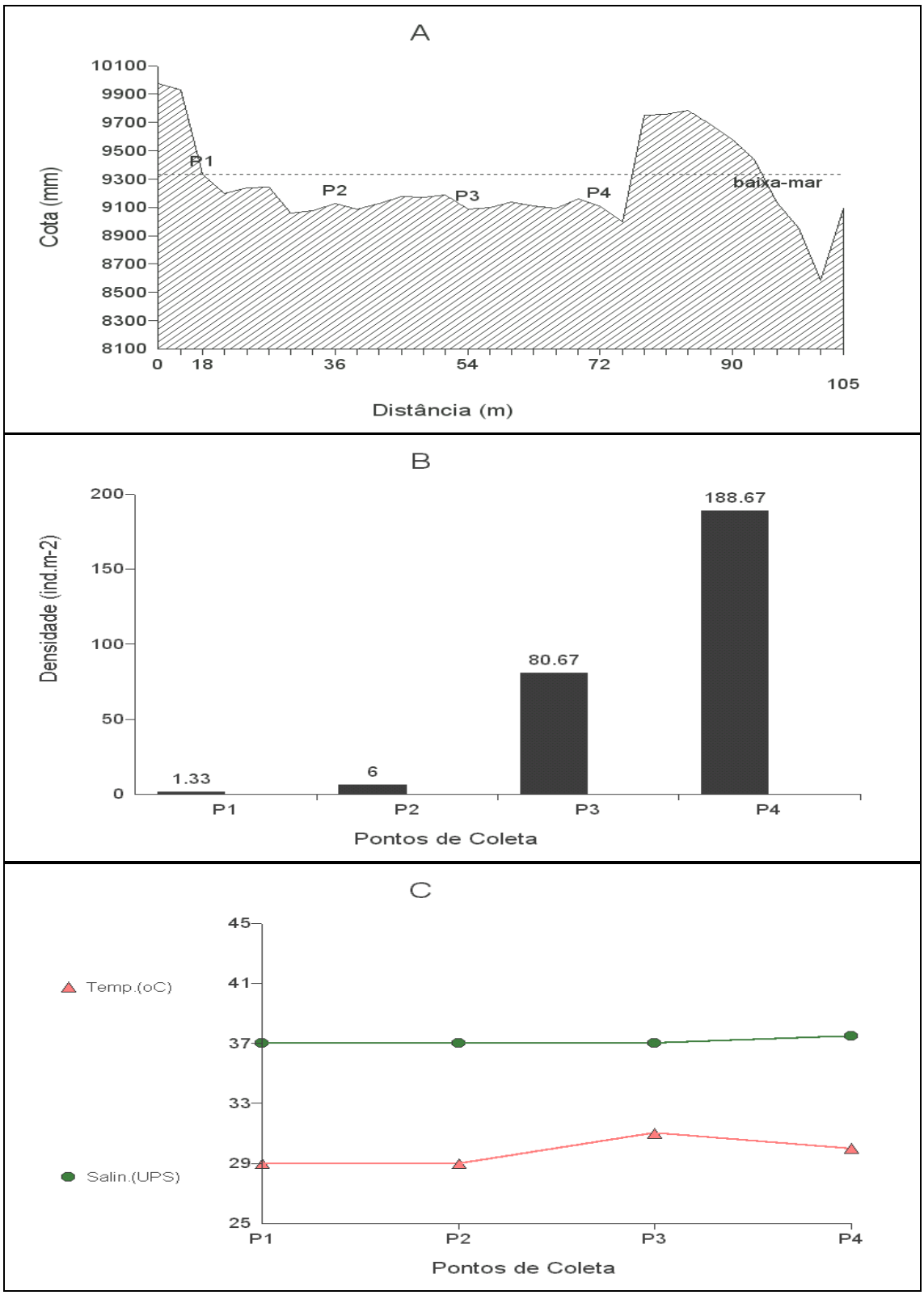

Figura 5. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T1; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 31/08/2004.

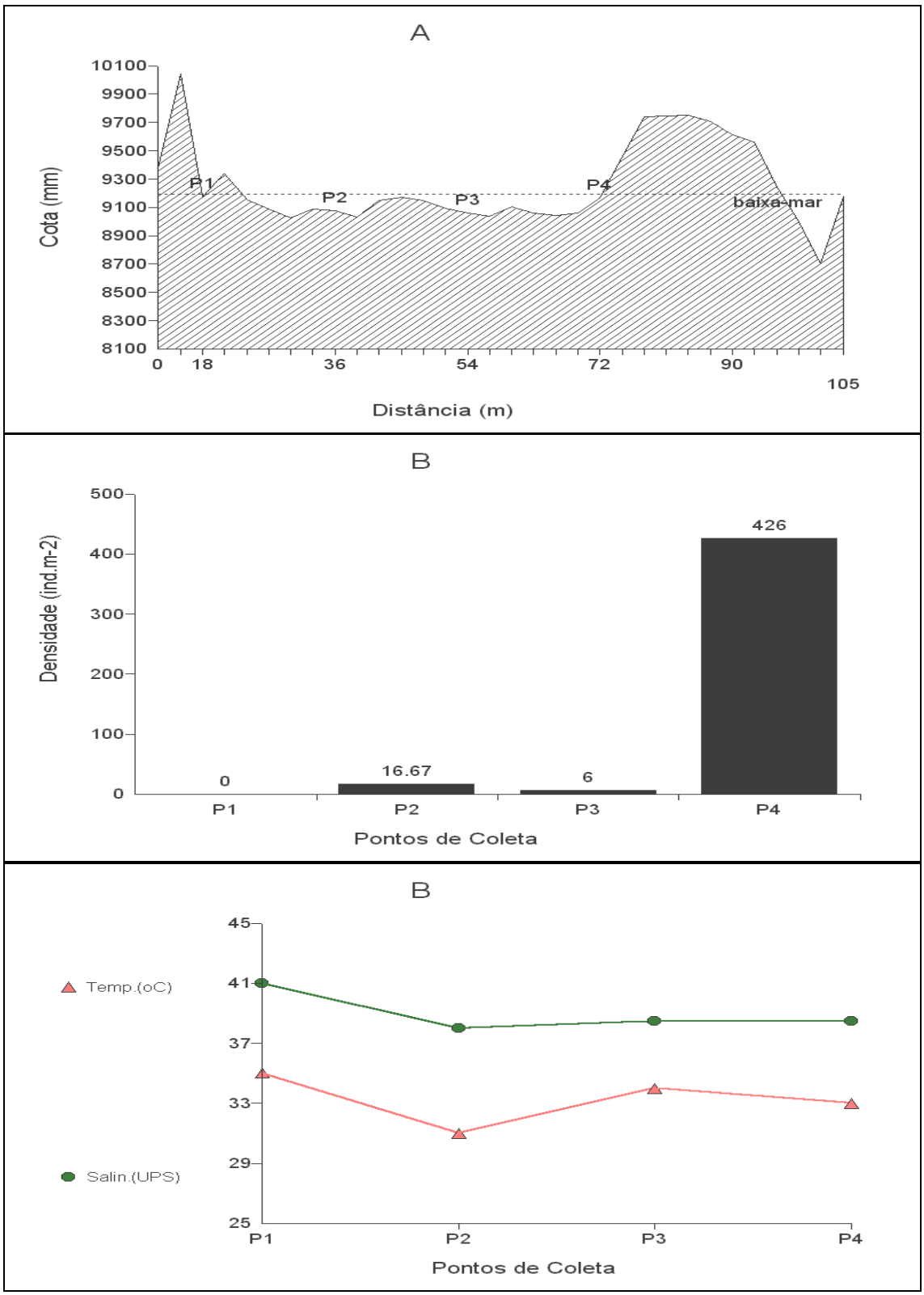

Figura 6. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T2; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 27/10/2004.

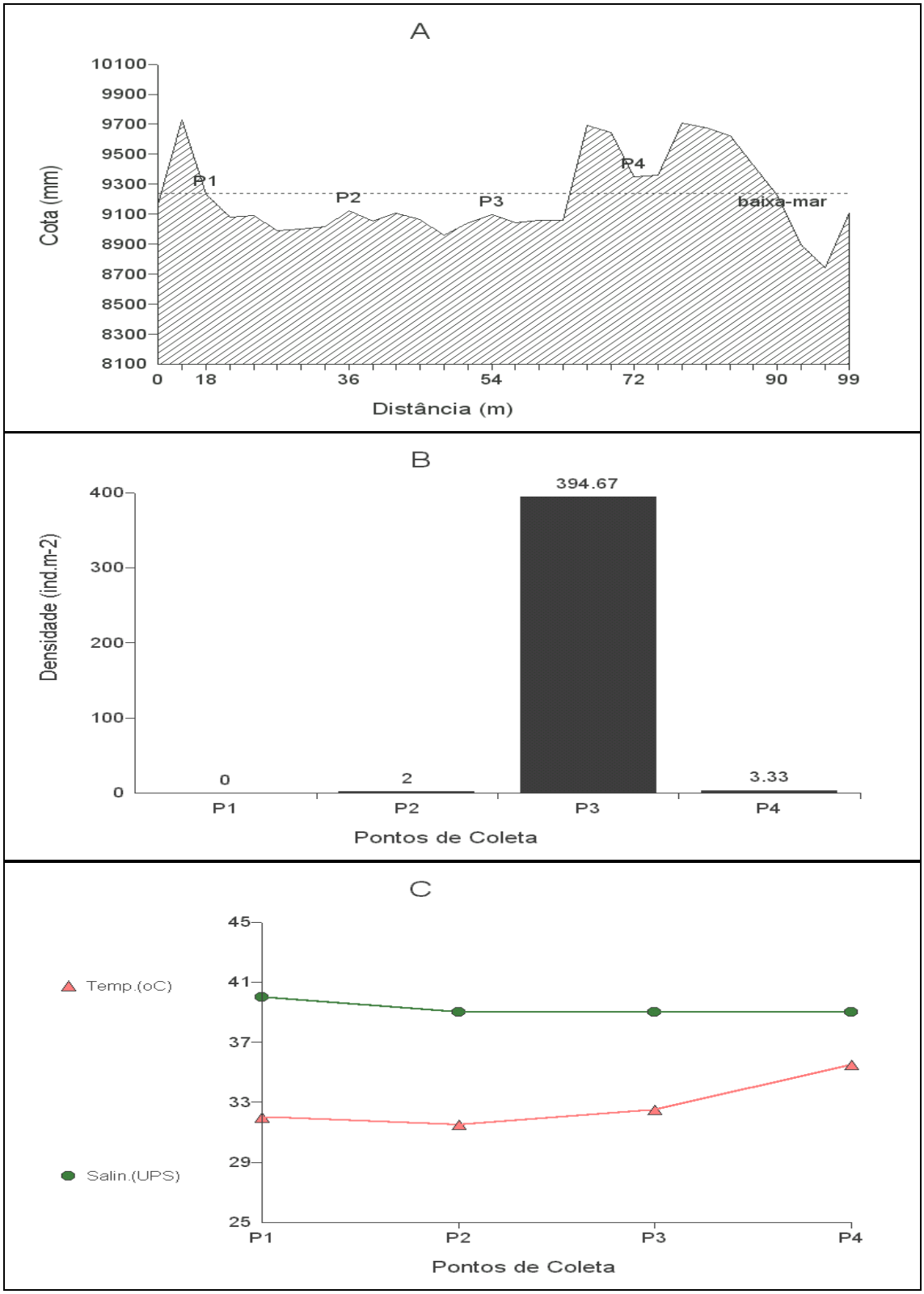

Figura 7. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T3; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 11/12/2004.

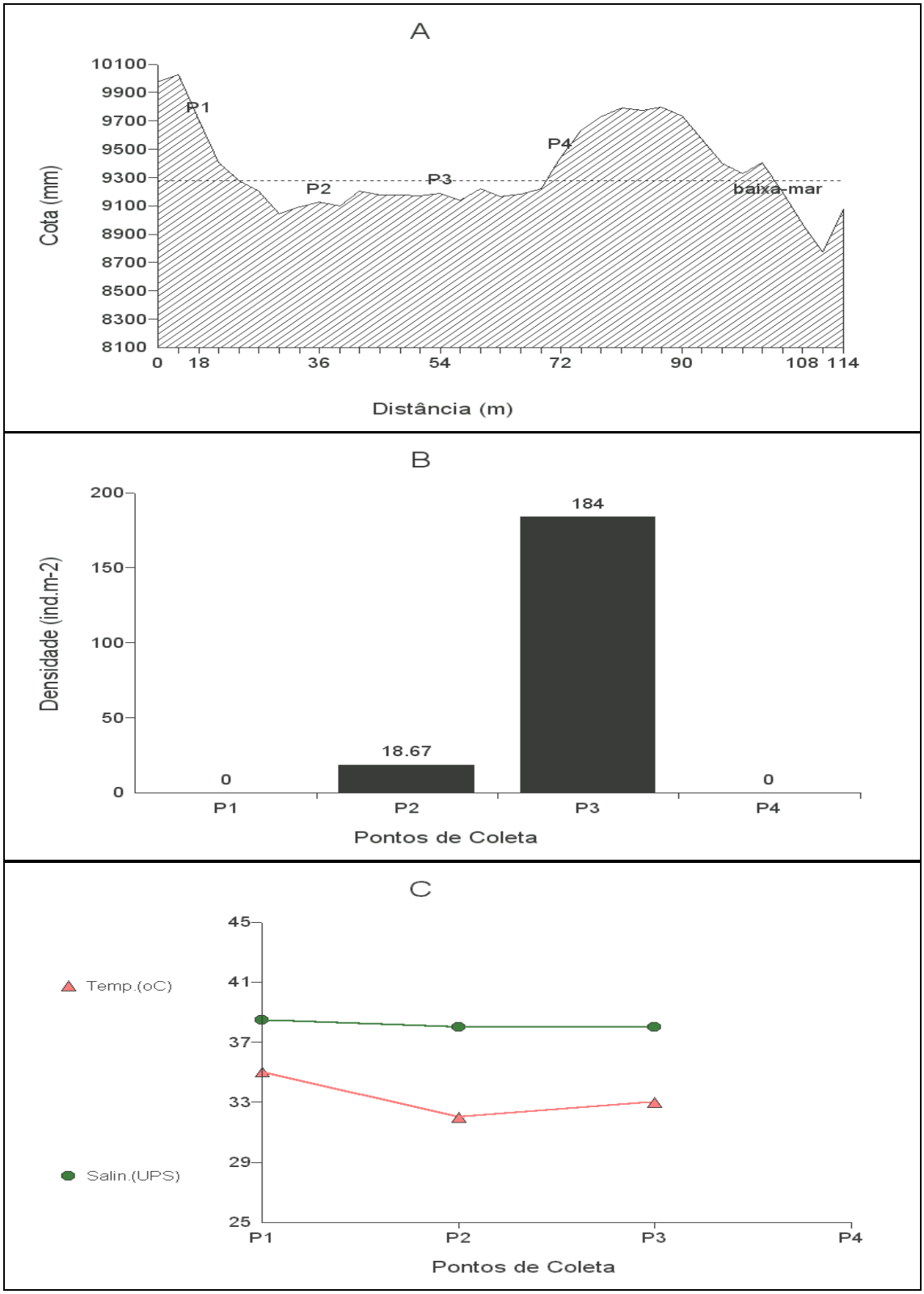

Figura 8. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T4; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 10/02/2005.

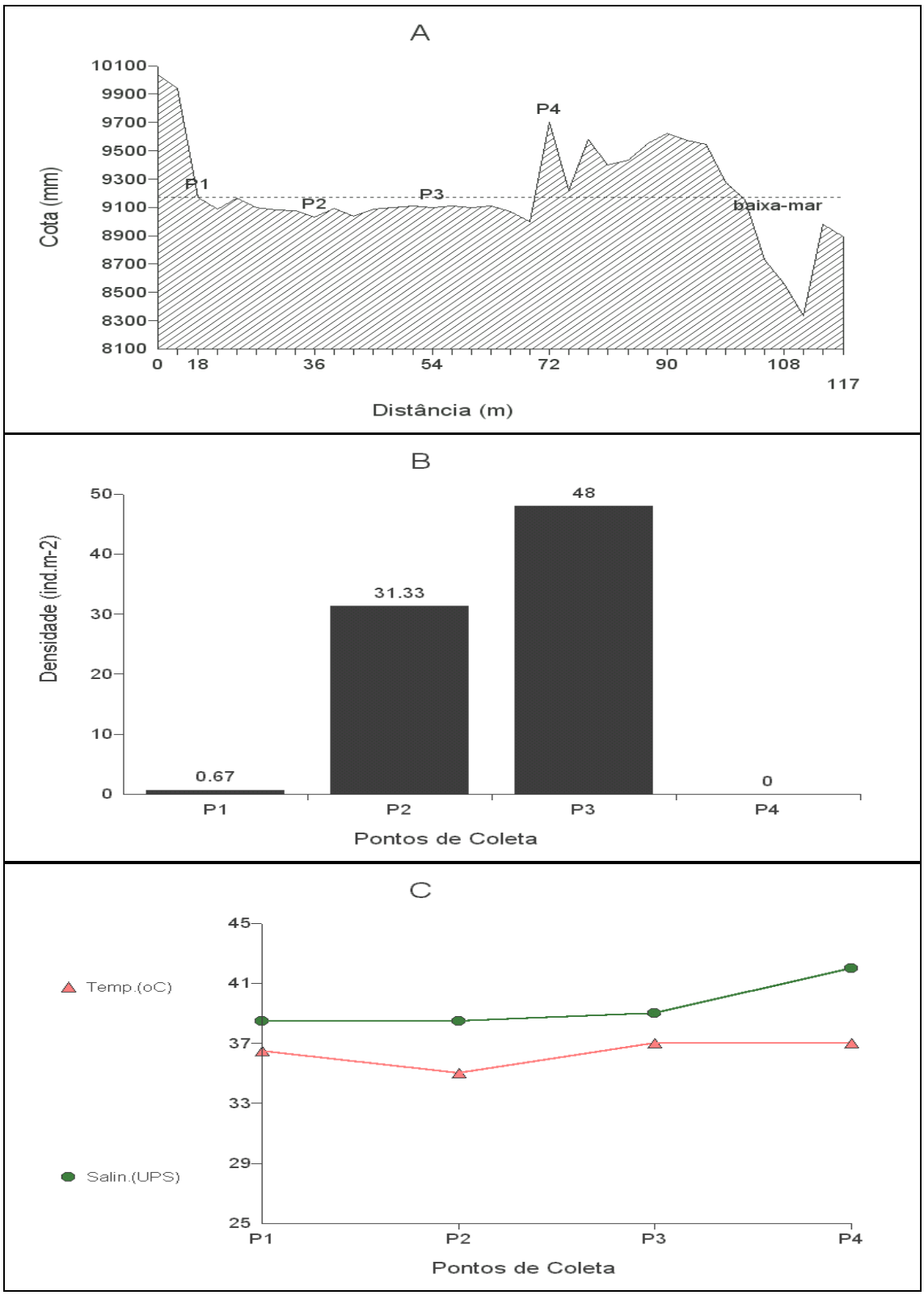

Figura 9. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T5; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 26/04/2005.

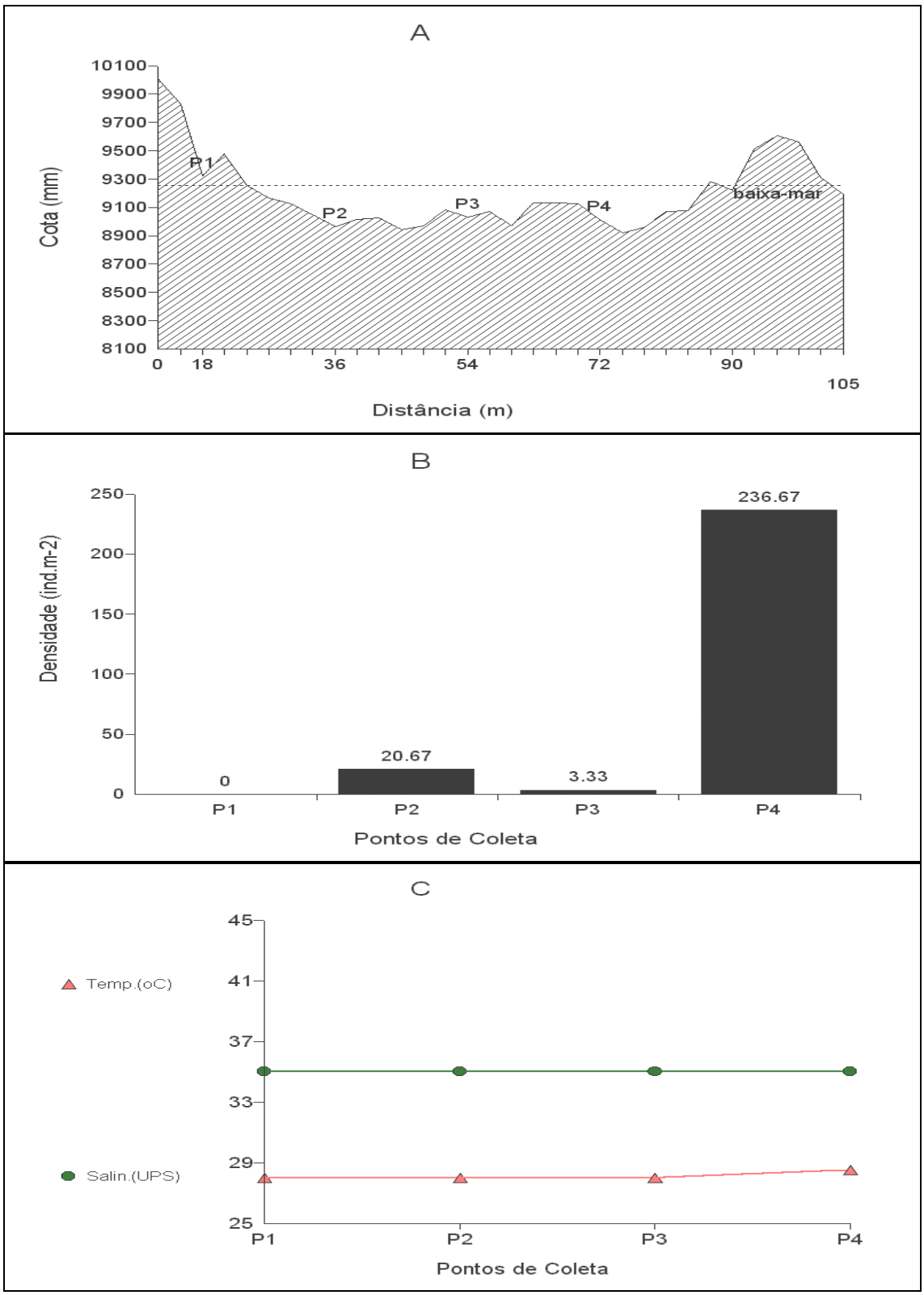

Figura 10. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T6; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 23/06/2005.

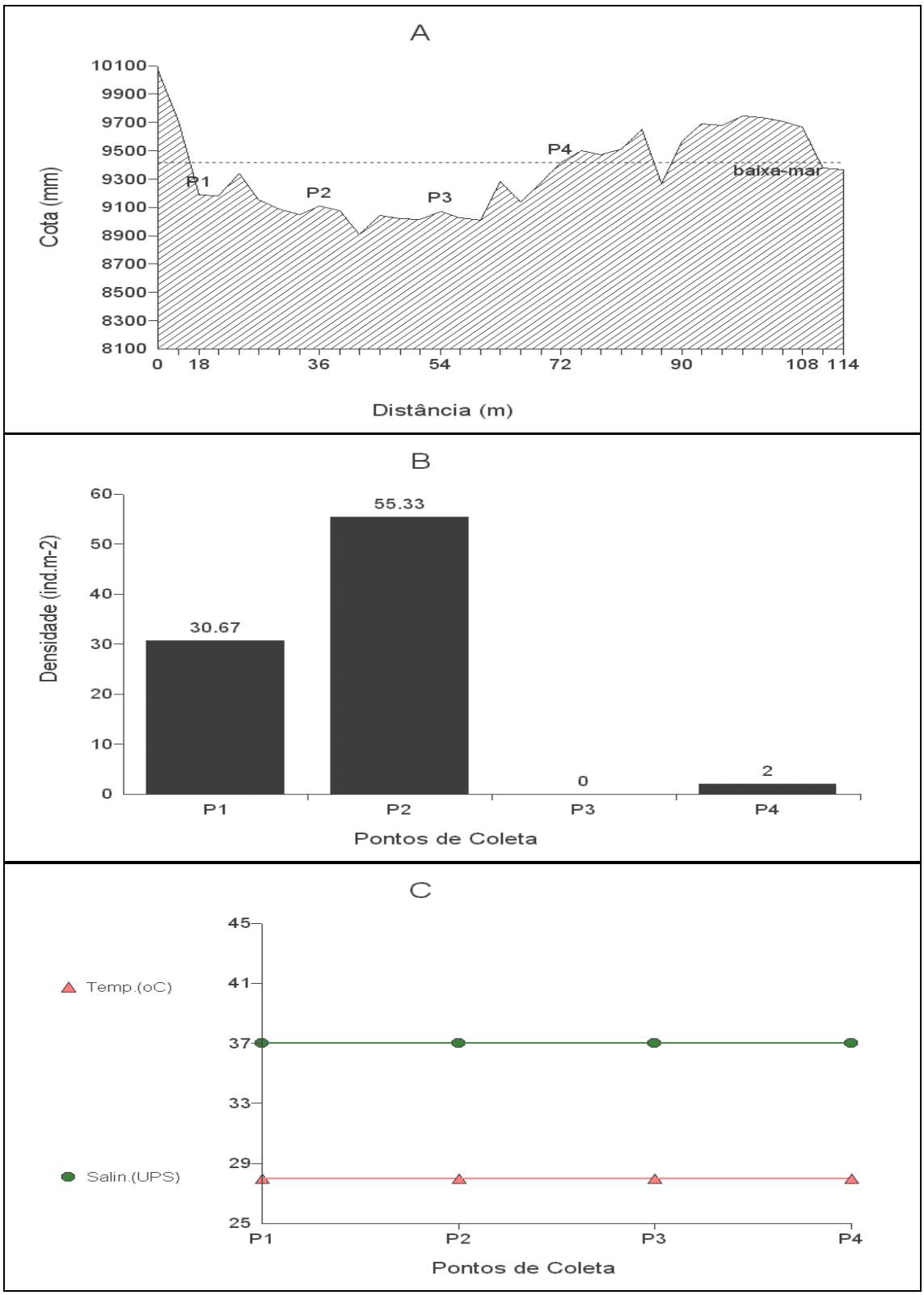

Figura 11. Praia de Muro Alto. A: Perfil de declividade da transversal T7; B: Variação pontual da densidade; C: Variação pontual da temperatura e salinidade, em 19/08/2005.

4.2. Estrutura de Tamanho dos Equinóides

Um total de 2.454 exemplares de *E. lucunter* foi mensurado em relação a quatro parâmetros morfológicos: diâmetro maior da carapaça (D.M.C.), diâmetro menor da carapaça (D.m.C.), altura da carapaça (A.C.) e altura da lanterna-de-Aristótetes (A.L.).

O tamanho médio global registrado para o diâmetro maior da carapaça foi de 26,35 mm, com valores médios amostrais entre 17,58 e 35,58 mm, enquanto que o diâmetro menor da carapaça variou de 16,02 a 32,35 mm e seu valor médio foi de 24,01 mm. Já, o valor médio global para a altura da carapaça foi de 12,71 mm, variando de 8,24 a 17,85 mm, enquanto que a altura da lanterna-de-Aristóteles variou entre 7,23 e 15,65 mm e seu valor médio foi de 11,21 mm. O maior exemplar capturado mediu 77,78 mm de diâmetro maior da carapaça (agosto de 2005) e o menor 2,20 mm (junho de 2005).

Em Muro Alto, a estrutura de tamanho da população estatística de *E. lucunter* foi essencialmente polimodal, com pelo menos três modas observadas (Figura 12). Os adultos predominaram no conjunto dos dados, porém os juvenis (0,0 a 20,0 mm de D.M.C.) tiveram maior proporção nos meses de outubro e dezembro de 2004. As análises de freqüência de tamanho indicaram que o diâmetro médio deste grupo aumentou de 17,58 mm em outubro de 2004 para 19,87 mm em dezembro de 2004 (Tabela 4; Figura 13).

Tabela 4. Proporção estimada entre juvenis e adultos de *Echinometra lucunter* para o diâmetro maior da carapaça (D.M.C.), por amostragem bimestral, na praia de Muro Alto.

Meses	N (% total)	D.M.C. (mm) mínimo – máximo	D.M.C. (mm) média ± desvio padrão	% juvenis (<20 mm)	% adultos (>20 mm)
Ago/2004	354 (14,42)	3,60 – 60,66	24,91 ± 12,40	35,03	64,97
Out/2004	599 (24,41)	3,00 – 58,69	17,58 ± 11,88	65,11	34,89
Dez/2004	585 (23,84)	3,40 – 55,39	19,87 ± 12,11	60,85	39,15
Fev/2005	290 (11,82)	8,39 – 53,59	25,12 ± 11,02	45,86	54,14
Abr/2005	118 (4,81)	16,36 – 58,27	30,78 ± 10,64	10,17	89,83
Jun/2005	378 (15,40)	2,20 – 63,79	30,65 ± 12,81	18,52	81,48
Ago/2005	130 (5,30)	8,22 – 77,78	35,58 ± 13,35	5,38	94,62
Total	2.454				

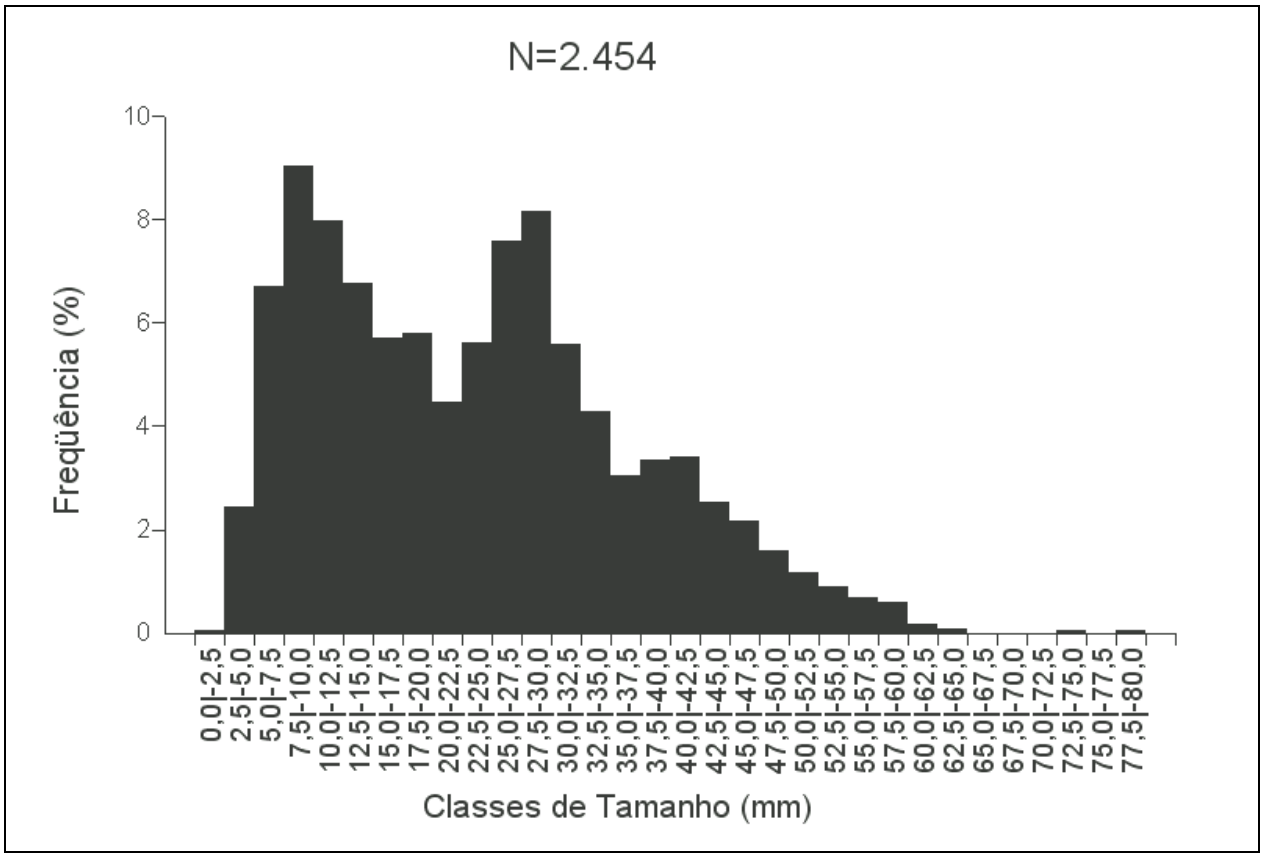

Figura 12. Distribuição da freqüência de *Echinometra lucunter* em classes de tamanho do diâmetro maior da carapaça. N: número total de exemplares mensurados na população.

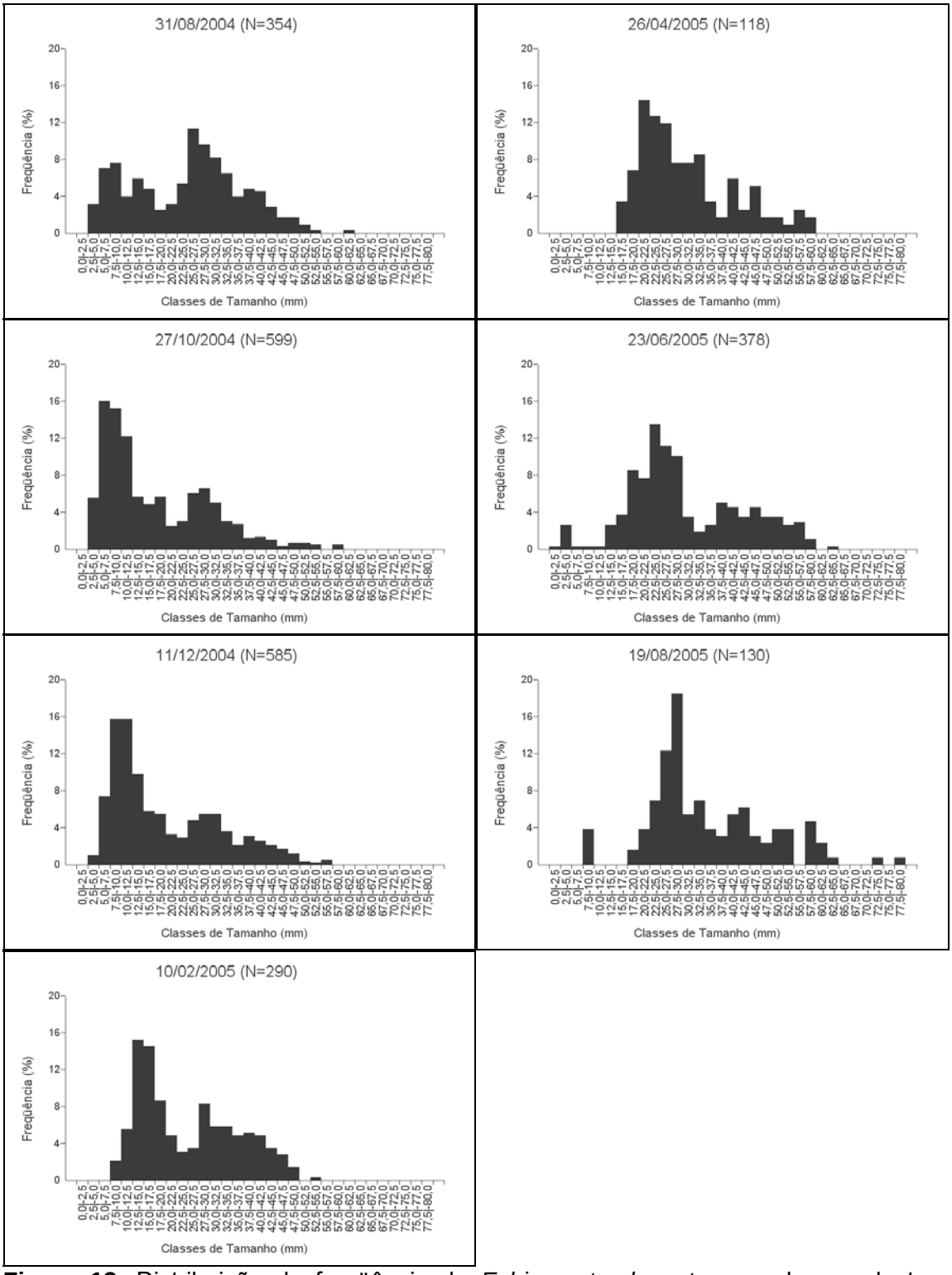

Figura 13. Distribuição da freqüência de *Echinometra lucunter* em classes de tamanho do diâmetro maior da carapaça dos exemplares coletados no período de agosto de 2004 a agosto de 2005. N: número total de exemplares mensurados em cada mês.

4.3. Crescimento, Mortalidade e Recrutamento

A partir das distribuições de freqüência de tamanho, foram diferenciadas pelo método de Bhattacharya (1967) três modas em cada amostragem bimestral (Tabela 5; Figura 14).

Através da rotina ELEFAN I, do programa FISAT II, obteve-se estimativas de L_∞ (tamanho infinito) e K (taxa de crescimento) com valores de 115 mm e 0,280 ano^{-1}, respectivamente. A intensidade de oscilação no crescimento (C) registrada foi de 0,350, com uma fase de menor crescimento ocorrendo em outubro de 2004, com WP=0,850 e índice de ajuste (Rn) de 0,158 (Figura 15).

O padrão de recrutamento obtido para *E. lucunter* foi unimodal, estendendo-se com percentuais superiores a 10% ao longo de quatro meses (Figura 16). A taxa de mortalidade (Z) estimada foi de 0,600 ano^{-1} (t_0= -0,07).

Tabela 5. Modas de *Echinometra lucunter* estimadas pelo método de Bhattacharya (1967), por amostragem bimestral, de agosto de 2004 a agosto de 2005, na praia de Muro Alto.

DATA	DIÂMETRO MAIOR DA CARAPAÇA (mm)	DESVIO PADRÃO	N
31/08/2004	12,09	5,56	124
	28,79	3,72	104
	40,39	6,19	125
27/10/2004	12,23	5,82	405
	30,55	3,49	141
	41,04	3,57	57
11/12/2004	12,65	3,17	324
	30,60	4,83	142
	42,93	4,73	64
10/02/2005	17,34	3,45	141
	33,04	3,35	105
	43,22	4,36	65
26/04/2005	25,06	4,50	67
	36,19	2,10	34
	47,42	4,25	23
23/06/2005	25,57	4,58	237
	41,96	3,01	66
	52,97	4,09	81
19/08/2005	30,06	5,00	77
	45,05	3,86	26
	57,45	3,70	23

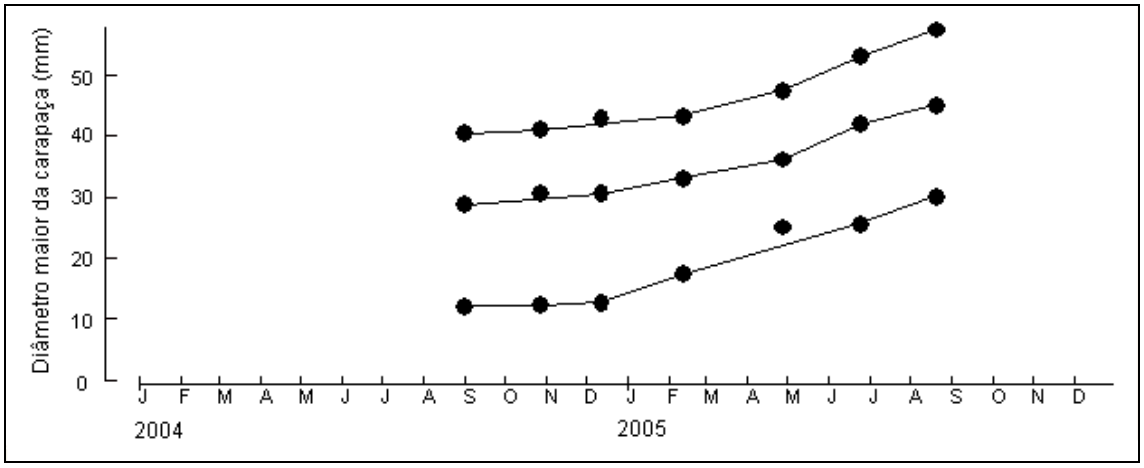

Figura 14. Progressões modais identificadas pelo método de Bhattacharya (1967). Intervalo de classe de 2,5 mm.

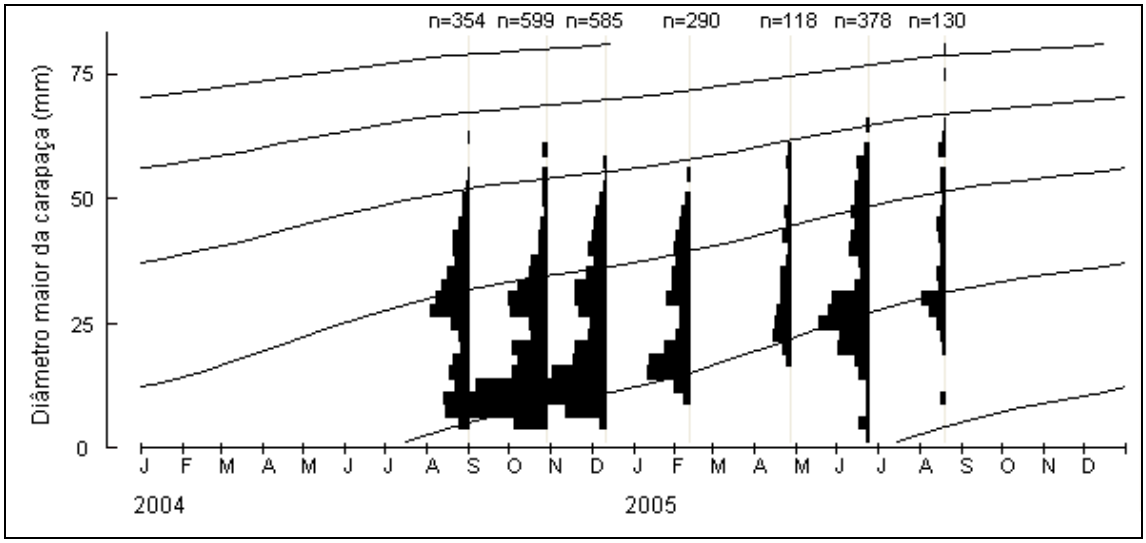

Figura 15. Distribuição da freqüência de tamanho do diâmetro maior da carapaça de *Echinometra lucunter*, por amostragem bimestral, entre agosto de 2004 e agosto de 2005. Curvas de crescimento de 3 coortes sobrepostas nos histogramas, geradas pelo ELEFAN I.

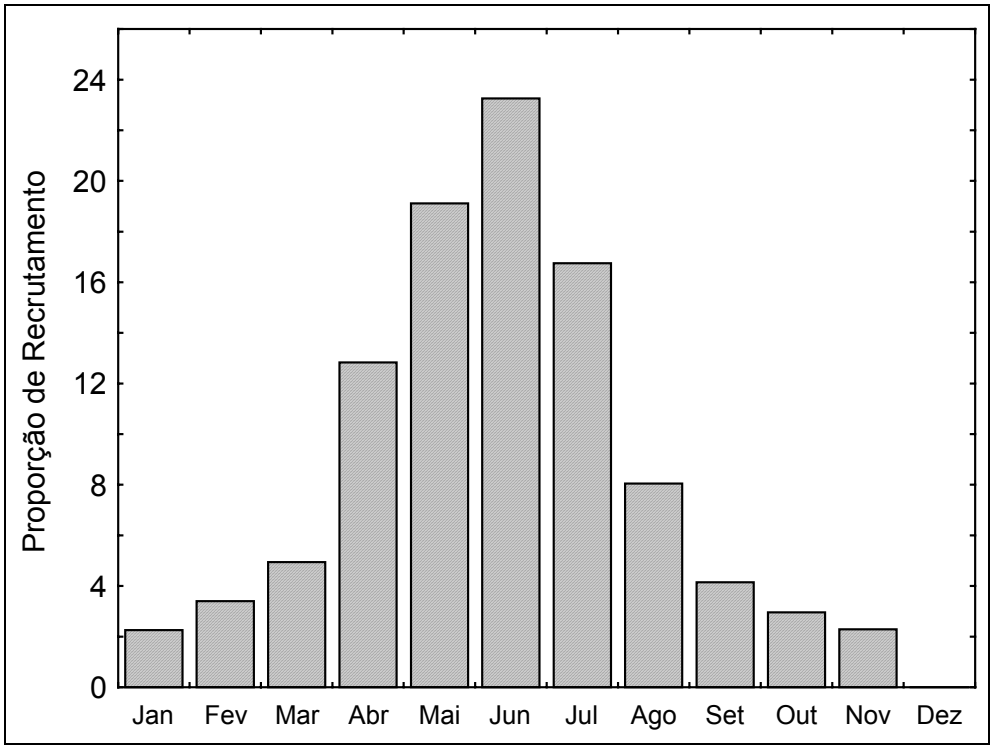

Figura 16. Padrão de recrutamento de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto.

4.4. Variação do Índice Gonadal (IG)

Na praia de Muro Alto foram verificados índices gonadais médios superiores a 3,0% em setembro, outubro e dezembro de 2004 (Figura 17). Ao longo de treze meses, o maior valor médio mensal foi de 4,26% em outubro de 2004 e o menor foi de 0,71%, em março de 2005. Nos pontos P3 e P4, onde foram coletados os exemplares para o cálculo do IG, a temperatura da água da poça variou sazonalmente de 28 a 37ºC enquanto que a salinidade variou entre 35 e 39 UPS (Figura 18). Foi observado o mesmo padrão de variação de IG quando analisados para fêmeas ou machos separadamente (Figura 19). Em relação às variáveis morfológicas associadas ao IG, todas apresentaram uma grande correlação negativa, exceto a altura da carapaça. Não foi obtida nenhuma correlação estatística significativa entre o IG e as variáveis ambientais (Tabela 6).

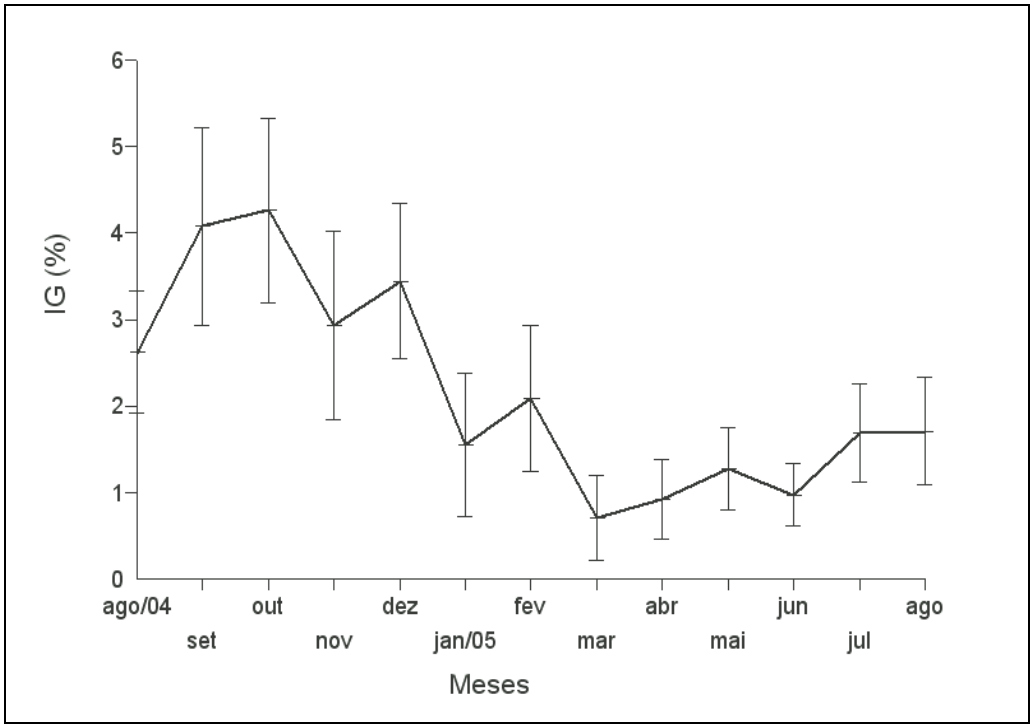

Figura 17. Variação mensal do índice gonadal (IG) de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto (média ± desvio padrão).

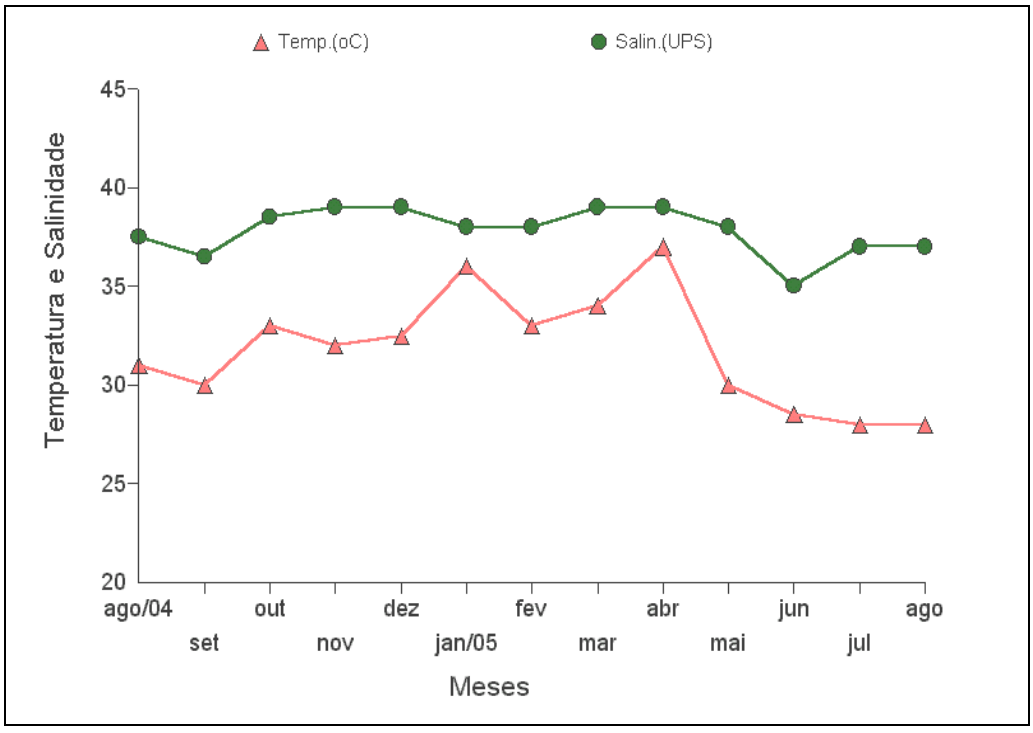

Figura 18. Variação mensal da temperatura e da salinidade nos pontos de coleta associados ao índice gonadal na praia de Muro Alto.

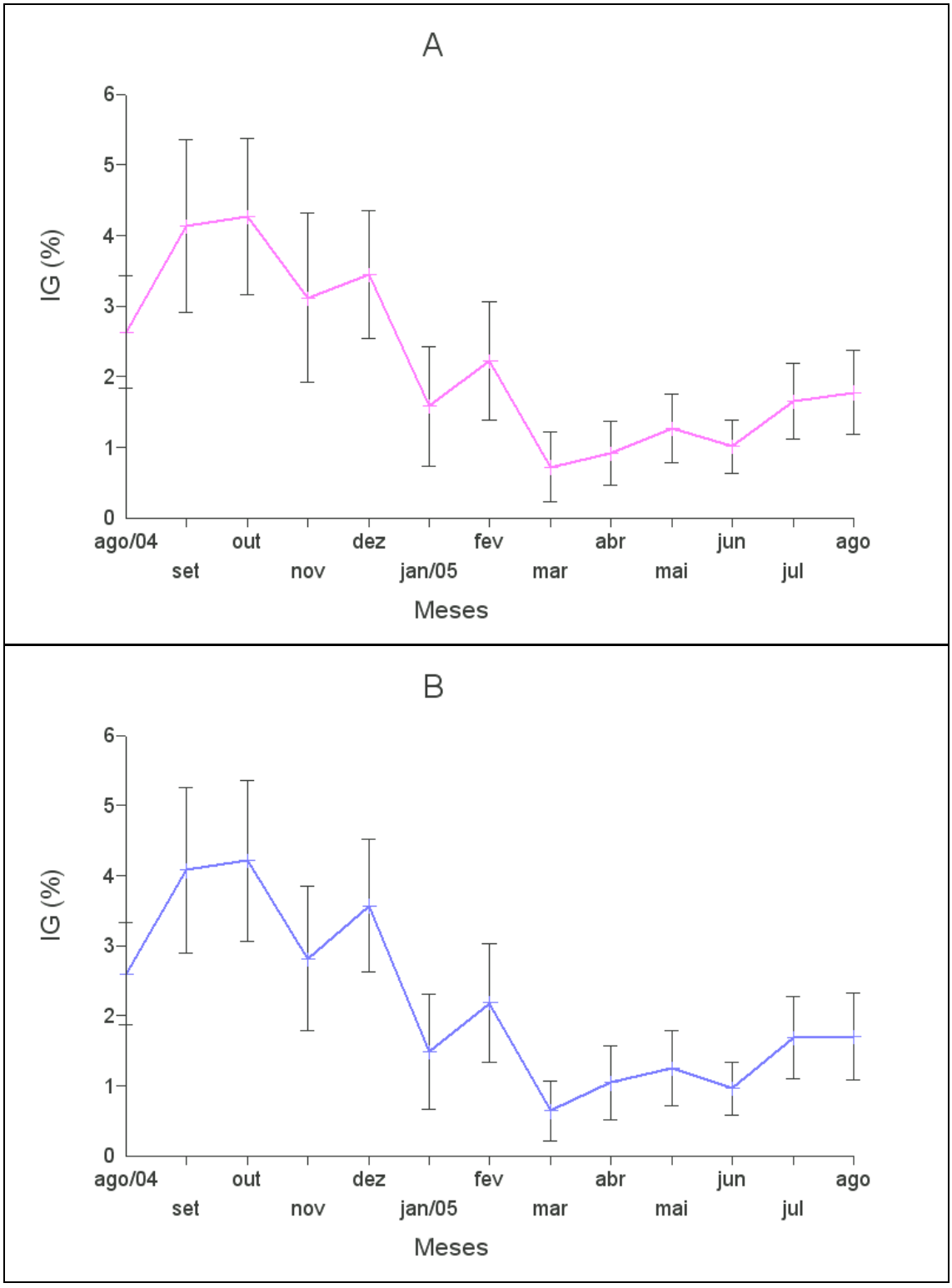

Figura 19. Variação mensal do índice gonadal (IG) de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto (média ± desvio padrão). A: Fêmeas; B: Machos.

Tabela 6. Correlação linear de Pearson entre o índice gonadal (IG) e as variáveis morfológicas e ambientais na praia de Muro Alto.

VARIÁVEIS	r	p	N
Diâmetro maior da carapaça x IG	-0,6434*	0,0176	13
Diâmetro menor da carapaça x IG	-0,7131*	0,0062	13
Altura da carapaça x IG	-0,5515	0,0507	13
Altura da lanterna-de-Aristóteles x IG	-0,6942*	0,0085	13
Temperatura x IG	-0,0847	0,7831	13
Salinidade x IG	0,1056	0,7313	13

**valor significativo*

4.5. Razão Sexual

Para o período de agosto de 2004 a agosto de 2005 a razão sexual total encontrada foi de 1,12:1. Porém, foram observadas variações nessa proporção entre os meses estudados (X^2=24,86; gl=12, p<0,05). Considerando-se os valores da razão sexual mensal nas amostras, as fêmeas variaram de 26,7% em agosto de 2005 a 80% em outubro de 2004, com média para todo o período amostrado de 52,8%, tendo, portanto, maior participação nos meses de setembro e outubro de 2004 e janeiro, março, abril, maio e julho de 2005 (Figura 20).

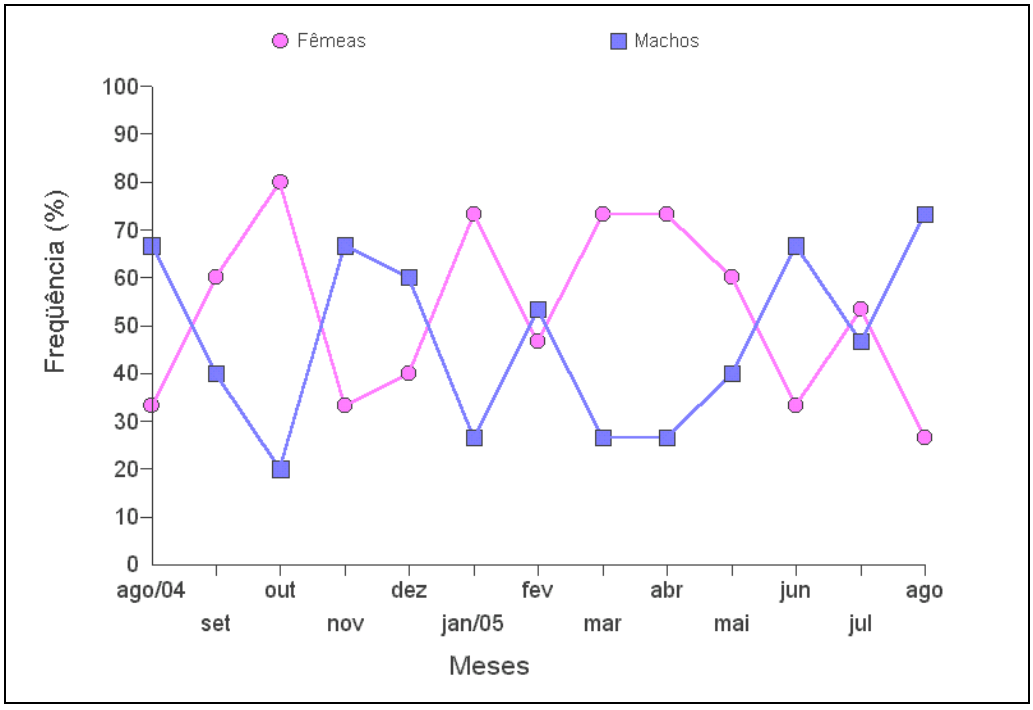

Figura 20. Flutuação da razão sexual mensal de *Echinometra lucunter* entre agosto de 2004 e agosto de 2005 na praia de Muro Alto. N=195.

4.6. Tamanho de 1ª Maturação Sexual

A primeira maturação sexual de *E. lucunter* ocorreu em machos a partir de 20,81 mm de diâmetro maior da carapaça, e em fêmeas a partir de 21,37 mm (Tabela 7; Figura 21).

Tabela 7. Tamanho 1ª maturação sexual de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto. D.M.C.: diâmetro maior da carapaça.

D.M.C. (mm)	IMATUROS	OVÓCITOS MADUROS	ESPERMATOZÓIDES MADUROS
10	-	-	-
11	-	-	-
12	2	-	-
13	-	-	-
14	6	-	-
15	6	-	-
16	5	-	-
17	6	-	-
18	4	-	-
19	1	-	-
20	-	-	1
21	1	1	-
22	-	1	-
23	1	1	-
24	1	-	1
25	-	1	-
26	-	2	-
27	-	1	-
28	-	1	1
29	-	-	1
30	-	-	-
TOTAL	33	8	4

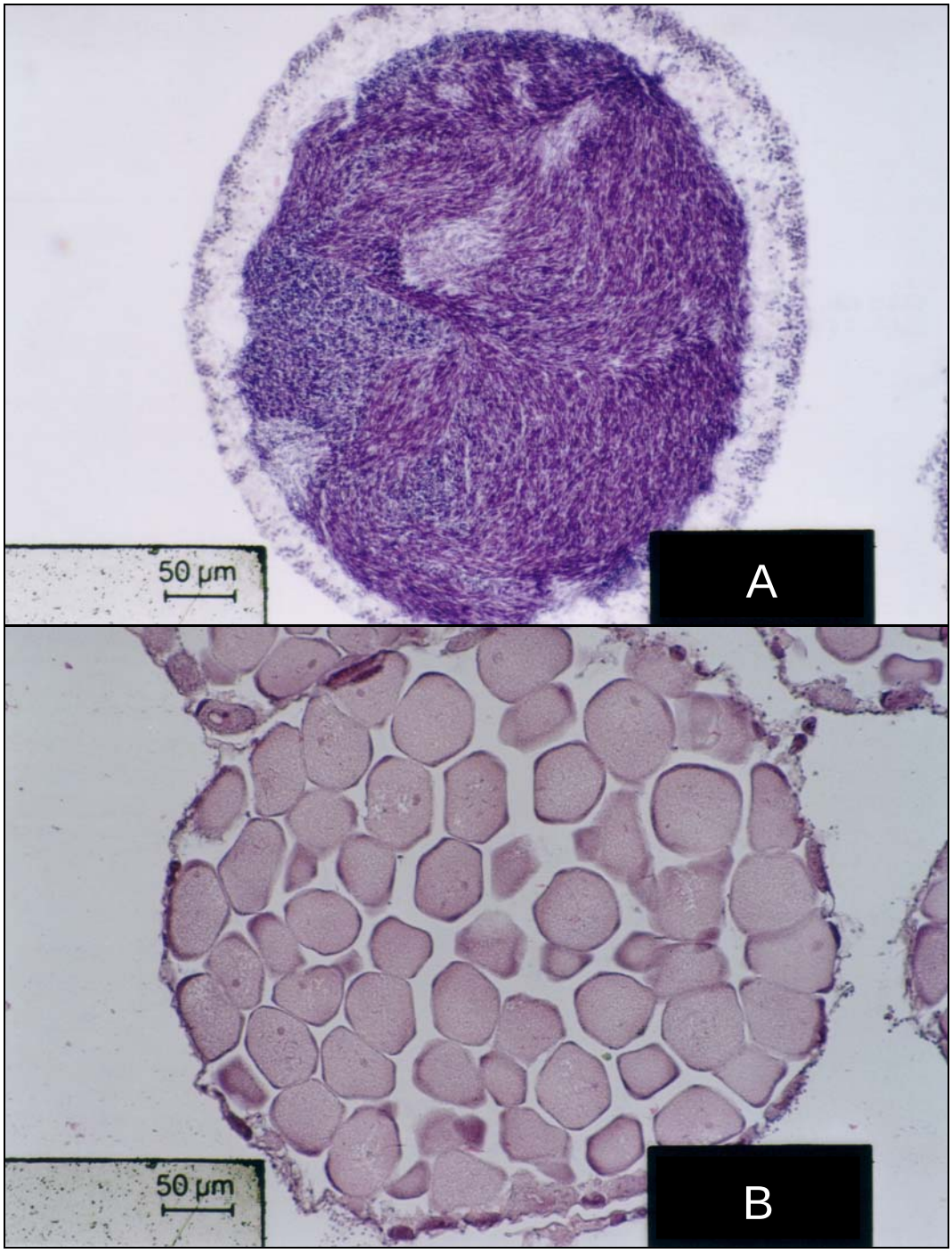

Figura 21. Estágios de maturação máxima das gônadas de *Echinometra lucunter* de indivíduos a partir de 20 mm de diâmetro maior da carapaça. A: Testículo maduro; B: Ovário maduro. (Aumento: 200x; Coloração: H.E.).

4.7. Descrição dos Estágios do Desenvolvimento Gonadal

Segue abaixo a descrição dos estágios gonadais observados nos equinóides de *E. lucunter* coletados em Muro Alto, segundo classificação de Tavares (2004).

4.7.1. Fêmeas

a) **Estágio 1 (Proliferação)**: Presença de grande quantidade de fagócitos nutritivos preenchendo o tecido gonadal dos túbulos ovarianos. Próximo ao epitélio germinativo, pode ser observado vários ovócitos pré-vitelogênicos fortemente basófilos (Figura 22A).

b) **Estágio 2 (Em maturação)**: Presença de muitos ovócitos pré-vitelogênicos de vários tamanhos encontram-se aderidos à parede do epitélio germinativo. Neste estágio, a coloração dos ovócitos é mais acidófila e uma vesícula germinativa arredondada começa a se desenvolver na região central da célula. Há um ligeiro aumento de ovócitos, tanto em número quanto em tamanho, e uma diminuição no número de fagócitos nutritivos, agora ocupando uma posição mais periférica no túbulo ovariano (Figura 22B).

c) **Estágio 3 (Maturação máxima)**: Um grande número de ovócitos maduros ocupam praticamente todo o lúmen do túbulo ovariano. O tecido nutritivo, quando presente, encontra-se restrito a uma camada junto ao epitélio germinativo (Figura 22C). Os óvulos podem se desenvolver em várias formas poliédricas de aspecto compactado e apresentar uma camada externa ou capa gelatinosa à membrana celular, com grânulos corticais concentrados logo abaixo desta (Figura 22D).

d) **Estágio 4 (Emissão de gametas ou desova)**: Neste estágio, o túbulo ovariano sofre contração e o lúmen gonadal é esvaziado drasticamente. Alguns túbulos podem ainda conter ovócitos maduros residuais ou remanescentes, porém

ocorre o predomínio de espaços vazios (Figura 22E). Os fagócitos nutritivos foram raros ou ausentes.

e) **Estágio 5 (Reserva)**: Presença de grande quantidade de fagócitos nutritivos ocupando totalmente o tecido gonadal do túbulo ovariano. No entanto, o estágio de proliferação pode ser confundido como o de reserva, devido à presença de uma camada descontínua de ovócitos pré-vitelogênicos fortemente basófilos junto ao epitélio germinativo, porém neste estágio os ovócitos pré-vitelogênicos não se destacam nem em quantidade nem em coloração. Em alguns indivíduos, observou-se a ocorrência de espaços vazios no lúmen gonadal e/ou ovócitos remanescentes em processo de lise pelos fagócitos nutritivos (Figura 22F).

4.7.2. Machos

a) **Estágio 1 (Proliferação)**: Presença de uma camada contínua e espessa de células espermatogênicas com intensa basofilia junto ao epitélio germinativo do túbulo testicular. O tecido nutritivo encontra-se ocupando a maior parte do túbulo, enquanto que uma menor quantidade de espermatozóides imaturos pode estar disperso entre os fagócitos nutritivos no lúmen gonadal (Figura 23A).

b) **Estágio 2 (Em maturação)**: Ocorre um grande número de colunas espermáticas que se estendem da parede do túbulo testicular até o lúmen gonadal. Há um considerável aumento do número de espermatozóides dentro do lúmen devido à redução de tecido nutritivo (Figura 23B).

c) **Estágio 3 (Maturação máxima)**: Presença de grande quantidade de espermatozóides preenchendo totalmente o lúmen gonadal, com uma pequena quantidade de tecido nutritivo restrito à periferia do túbulo testicular (Figura 23C). Alguns túbulos testiculares podem estar repletos de espermatozóides maduros (Figura 23D).

d) **Estágio 4 (Emissão de gametas)**: Caracteriza-se pela existência de espaços vazios no lúmen gonadal e redução do número de espermatozóides, em função da contração do túbulo testicular. Entretanto, o estágio de “em maturação” pode ser confundido como o estágio de emissão de gametas, porém neste a massa de espermatozóides apresenta muitos espaços vazios e uma certa desorganização espacial (Figura 23E).

f) **Estágio 5 (Reserva)**: Presença de grande quantidade de fagócitos nutritivos ocupando totalmente o tecido gonadal do túbulo testicular. Em alguns indivíduos, observou-se a presença de espermatozóides remanescentes (Figura 23F).

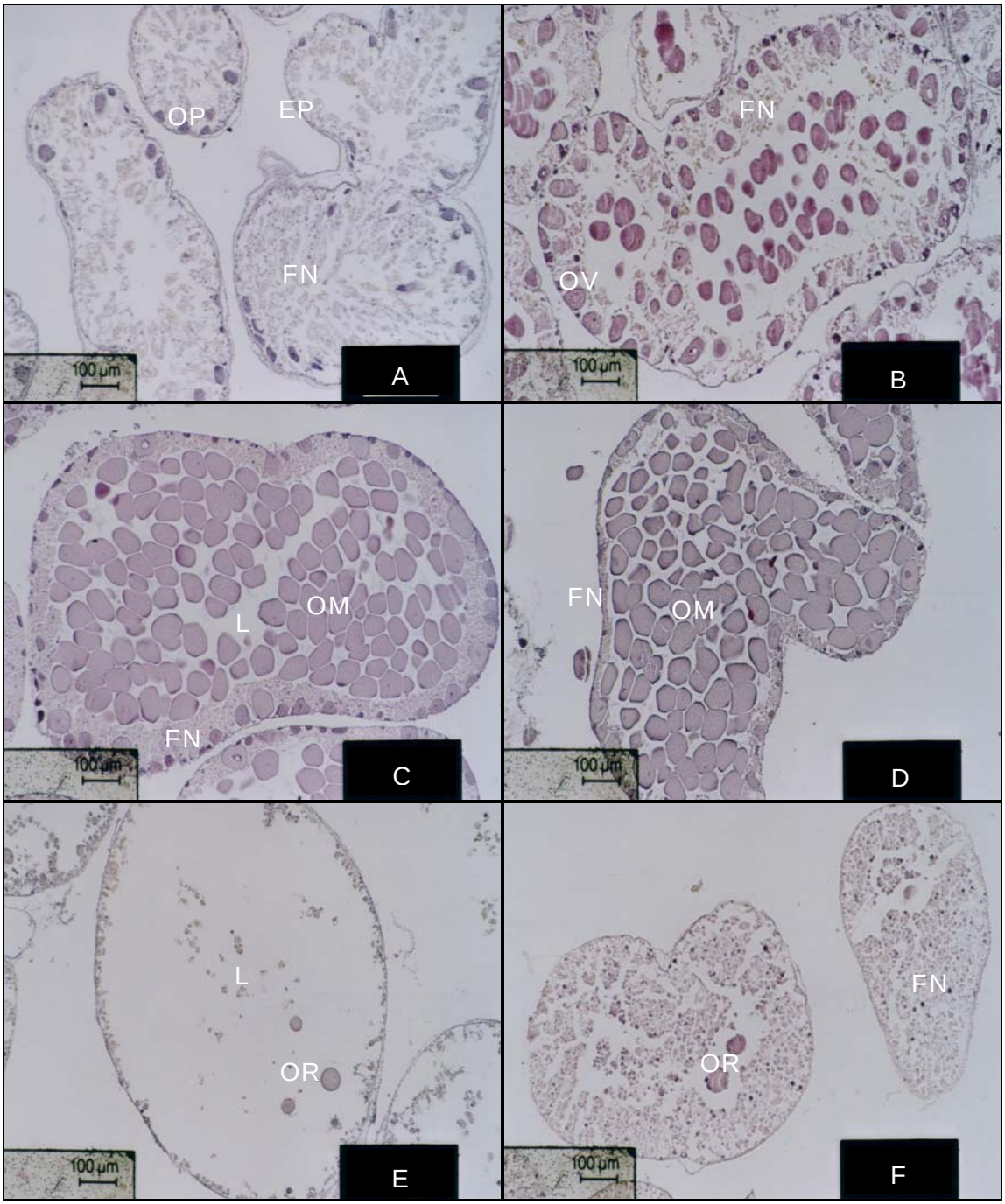

Figura 22. Estágios de desenvolvimento gonadal em fêmeas de *Echinometra lucunter*. A: Proliferação; B: Em maturação; C: Maturação máxima com tecido de reserva; D: Maturação máxima; E: Desova; F: Reserva. EP: Epitélio germinativo; FN: Fagócitos nutritivos; OP: Ovócito pré-vitelogênico; OV: Ovócito vitelogênico; OM: Ovócito maduro; OR: Ovócito remanescente; L: Lúmen. (Aumento: 100x; Coloração: H.E.).

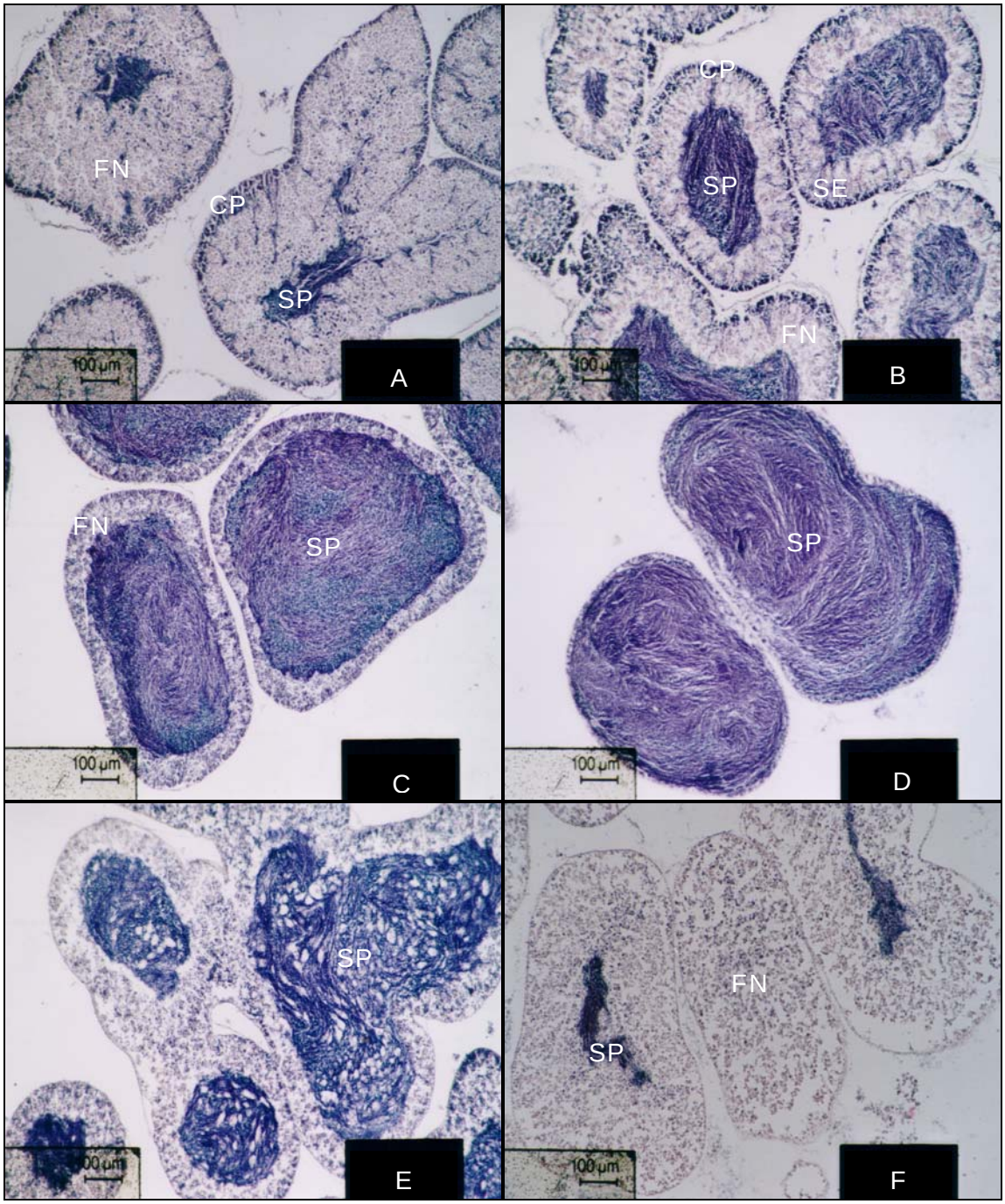

Figura 23. Estágios de desenvolvimento gonadal em machos de *Echinometra lucunter*. A: Proliferação; B: Em maturação; C: Maturação máxima com tecido de reserva; D: Maturação máxima; E: Emissão de gametas; F: Reserva. FN: Fagócitos nutritivos; CP: Células primárias; SP: Espermatozóides; SE: Série espermatogênica. (Aumento: 100x; Coloração: H.E.).

4.8. Freqüência dos Estágios do Desenvolvimento Gonadal

Nas fêmeas de *E. lucunter* o estágio de reserva foi predominante, não sendo encontrados indivíduos com a gônada neste estágio nos meses de fevereiro e abril de 2005. Foram constatados dois períodos de repouso da atividade reprodutiva: na estação seca (de novembro de 2004 a janeiro de 2005) e na estação chuvosa (de maio a agosto de 2005), quando 33 a 100% dos indivíduos encontravam-se com suas gônadas em reserva. O estágio de proliferação foi pouco observado, mas concentrou-se entre janeiro e maio de 2005, quando 9 a 18% dos indivíduos apresentaram células sexuais imaturas, em suas gônadas. O estágio de “em maturação” foi observado apenas no mês de maio de 2005 (44,5%). Indivíduos em estágio de maturação máxima foram encontrados de agosto de 2004 a julho de 2005. Entretanto, no período de agosto a novembro de 2004, mais da metade das fêmeas (60 a 92%) foram observadas neste estágio. Finalmente, a desova teve início no mês de dezembro de 2004 estendendo-se até junho de 2005, com picos máximos nos meses de fevereiro e abril de 2005 (100 e 82%, respectivamente) (Figura 24A).

Nos machos de *E. lucunter* o período de repouso da atividade reprodutiva foi intermitente, com picos em janeiro, março e junho de 2005, quando 50 a 75% dos exemplares apresentaram suas gônadas em estágio de reserva. O estágio de proliferação também foi intermitente, porém menos observado, sendo registrados alguns exemplares em setembro (17%) e novembro de 2004 (10%) e em maio de 2005 (17%). Os estágios de maturação máxima (10%) e “em maturação” (67%) foram observados apenas nos meses de agosto de 2004 e maio de 2005, respectivamente. Finalmente, o período de emissão de gametas foi predominante entre os machos, acontecendo, praticamente, em todo o ano, com picos em outubro de 2004, fevereiro, abril e julho de 2005, quando 71 a 100% dos exemplares encontravam-se neste estágio (Figura 24B).

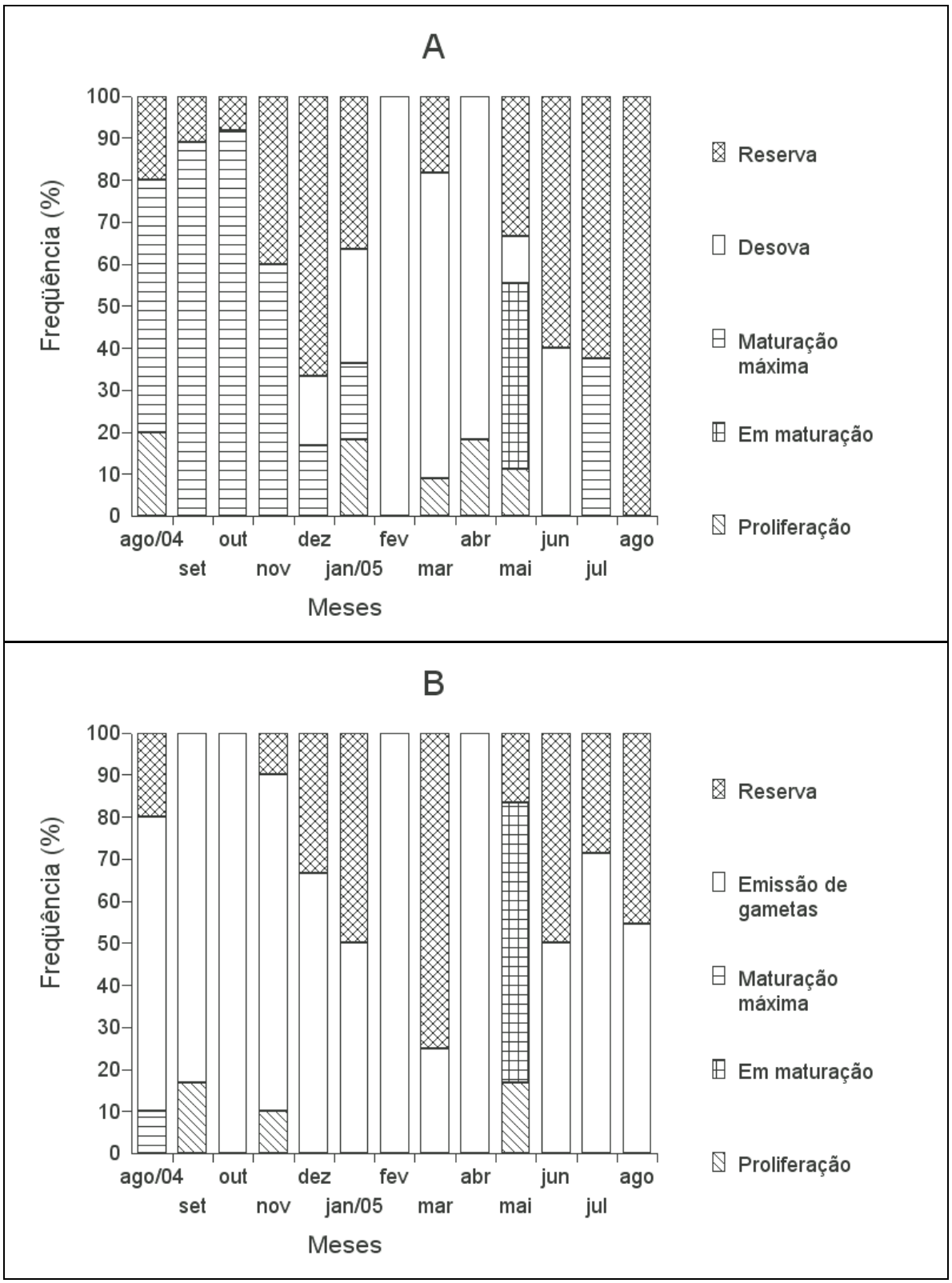

Figura 24. Freqüência relativa dos estágios gonadais de *Echinometra lucunter* na praia de Muro Alto. A: Fêmeas; B: Machos.

5. DISCUSSÃO

A dinâmica populacional de *E. lucunter* foi investigada numa poça de maré em Muro Alto, PE, durante o período de agosto de 2004 a agosto de 2005, sendo estimados parâmetros como crescimento, mortalidade, recrutamento e época de reprodução.

Com relação aos diferentes parâmetros de crescimento em Muro Alto, foram estimados o tamanho infinito (L_∞) e a taxa de crescimento (K), com valores de 115 mm e 0,280 ano^{-1}, respectivamente. Neste estudo, os parâmetros foram estimados com base na função de crescimento de von Bertalanffy sazonalizada (SOMERS, 1988), por meio do ELEFAN I. A rotina ELEFAN, implementada no programa FISAT, tem sido utilizada para estimar tais parâmetros de crescimento em populações de equinóides irregulares, como *C. mitis* e *M. quinquiesperforata*. Para a primeira espécie, Freire et al. (1992) estimaram valores de 71 mm e 0,390, para L_∞ e K, respectivamente, enquanto que Tavares e Borzone (1998) estimaram em 61,50 mm e 0,670 para a segunda espécie. Entretanto, Borzone (1992/93), utilizando várias rotinas, constatou pequena diferença entre os valores calculados, com L_∞ variando de 63,30 a 72 mm e K de 0,278 a 0,330 ano^{-1} para *M. quinquiesperforata*. Em relação aos equinóides regulares, *L. variegatus e Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), Junqueira (1998) estimou parâmetros de crescimento para a primeira espécie usando dois métodos: ELEFAN sem sazonalidade, com L_∞ igual a 110 mm e K igual a 1,00 ano^{-1}; ELEFAN com sazonalidade, com L_∞ igual a 118 mm e K igual a 0,80 ano^{-1}; enquanto que para a segunda espécie, Turon et al. (1995) utilizaram dados de idade-comprimento e estimaram valores de L_∞ de 53,670 e 77,451 e K de 0,252 e 0,287, para duas localidades. Os parâmetros de crescimento estimados (L_∞ e K) de *E. lucunter* em Muro Alto foram valores próximos aos encontrados na literatura para equinóides regulares, além disso, a intensidade de oscilação no crescimento (C) mostrou-se baixa, indicando que o crescimento pode ser praticamente contínuo, com uma fase menor no seu crescimento ocorrendo em outubro de 2004.

A taxa de mortalidade estimada para *E. lucunter*, em Muro Alto, foi de 0,600. Freire et al. (1992), registraram uma taxa de mortalidade de 0,812 para *C. mitis*, na

praia Vermelha, Rio de Janeiro. Estes autores sugerem como causas possíveis de sua mortalidade a predação exercida pelo gastrópode *Phalium granulatum* (Born, 1778) e por forte ação de ondas durante as tempestades. Em praias arenosas do litoral do Rio Grande do Sul, foram estimadas taxas de mortalidade para a espécie *M. quinquiesperforata* que variaram entre 0,88 e 1,40 pelo método de Fabens e ELEFAN, respectivamente (BORZONE, 1992/93), enquanto que em praias do Paraná a taxa de mortalidade foi de 1,14 (TAVARES; BORZONE, 1998). Dados da literatura indicam como possíveis causas de mortalidade entre os equinóides irregulares a senescência, predação por peixes, estrelas-do-mar e caranguejos, além de baixas temperaturas da água do mar e grandes períodos de exposição durante a maré baixa (TAVARES; BORZONE, 1998). Entretanto, no litoral da Espanha, foram registradas taxas de mortalidade para o equinóide regular *P. lividus* em dois ambientes contrastantes em relação ao tipo de substrato e ao domínio bentônico, com valores de 0,349 e 0,600 (TURON et al., 1995). O valor de mortalidade de *E. lucunter* pode ser considerado baixo quando comparado aos dados apresentados acima. Este resultado pode indicar uma grande adaptação da espécie ao estresse físico ambiental local e a possível ausência de predadores.

Em Muro Alto, o valor máximo de densidade média para a espécie *E. lucunter* foi de 112,17 ind.m^{-2}, superior aos 12 ind.m^{-2} registrados em Virginia Key, Flórida (McPHERSON, 1969), aos 16,20 ind.m^{-2} em Turpialito, Venezuela (POMPA; PRIETO; MANRIQUE, 1989) e aos 74,90 ind.m^{-2} (PEREIRA, 2001) em Tamandaré, Pernambuco, porém inferior aos 144 ind.m^{-2} registrados em Six Men's Bay, Barbados (LAWRENCE; KAFRI, 1979). Um dos fatores bióticos que pode influenciar a densidade de equinóides é a remoção de seus predadores do ambiente. Na costa do Kênia, foi observado um aumento populacional de *Echinometra mathaei* (Blainville, 1825), devido à retirada do seu predador natural, por pescadores locais, resultando em uma exclusão competitiva de peixe herbívoro e outra espécie de ouriço, além de uma alta bioerosão de substrato e uma diminuição da complexidade topográfica recifal (McCLANAHAN; KURTIS, 1991). Por outro lado, Sánchez-Pérez et al. (2001) mostraram uma significativa variação espacial da abundância de *E. lucunter*, em relação à complexa interação dos diversos fatores ambientais, demonstrando que a heterogeneidade natural do ambiente e o

hidrodinamismo têm uma forte influência em uma escala de centenas de metros. Segundo McGehee (1992), os padrões de distribuição de ouriços de *E. lucunter* mostraram uma tendência em relação aos padrões de movimentação de água, profundidade e substrato, entre os diferentes tipos recifais ocupados. Nos recifes de Tamandaré, litoral sul de Pernambuco, Pereira (2001) registrou um padrão de distribuição agregado, porém não encontrou nenhuma correlação entre o grau de batimento das áreas e os valores de densidade e de distribuição de *E. lucunter*. Ainda assim, Pompa, Prieto e Manrique (1989) mostraram que as agregações de ouriços de *E. lucunter* observadas em Turpialito, Venezuela, podem ser atribuídas não apenas ao assentamento larval, mas também a outros fatores inerentes ao comportamento social da população. Contudo, em Muro Alto, as maiores densidades de *E. lucunter* ocorreram durante o período de maior proporção de juvenis capturados e maior produção gonadal de adultos, podendo gerar uma condição favorável para assegurar uma reprodução mais bem-sucedida. Apesar de não terem sido mensurados o hidrodinamismo e a rugosidade do substrato dentro da poça de maré, tais fatores podem ter influenciado de forma complexa e particular a distribuição e densidade dos ouriços em cada uma das transversais. A distribuição de *E. lucunter* seguiu em favor de um gradiente transversal à poça de maré do ponto P4, mais próximo à ação das ondas, para o ponto P1, mais distante. Ao contrário, na transversal T7, essa distribuição pode ter sido resultado da maior profundidade dos pontos P1 e P2 nesta transversal.

As flutuações sazonais de temperatura e salinidade são parâmetros importantes à iniciação da desova, fertilização, desenvolvimento e sobrevivência larval de muitos animais marinhos (ALMEIDA, 1979; BAUER, 1976; METAXAS, 1998; SEWELL; YOUNG, 1999). Segundo Almeida (1979), tanto a temperatura quanto a salinidade exercem grande influência no desenvolvimento embrionário dos ouriços, retardando-o ou acelerando-o. Segundo este autor, em experimentos de laboratório de longa duração com *E. lucunter*, o desenvolvimento embrionário normal se processou apenas no intervalo de 26 a 38‰, e nas temperaturas de 20 a 30ºC, sendo que acima de 32ºC ou abaixo de 16ºC o desenvolvimento foi anormal. Já em experimentos de curta duração (48h), os ouriços conseguiram sobreviver tanto em salinidades de 18 a 22‰ quanto no intervalo de 38 a 42‰ (ALMEIDA, 1979). Para Hendler (1977b) esta espécie é

resistente ao estresse físico causado por fatores como aumento de temperatura e salinidade. De acordo com Tavares (2004), a existência de ritmos reprodutivos independentes das condições ambientais locais pode indicar a manifestação de um controle endógeno, isto é, inerente aos indivíduos. Deste modo, tanto os fatores exógenos, modulados pelas variáveis ambientais, quanto os endógenos poderiam atuar, isolados ou conjuntamente, como mecanismos reguladores da periodicidade e da extensão do ciclo reprodutivo (PEARSE; CAMERON, 1991 apud TAVARES, 2004). De outro lado, Lessios (1981) mostrou que num ambiente com pouca variação sazonal a pressão de seleção para sincronizar os ciclos gametogênicos entre os indivíduos de sexo opostos pode ser inversamente proporcional à densidade populacional. Em Muro Alto, as variáveis temperatura (28-37ºC) e salinidade (35-39 UPS) não mostraram nenhuma correlação estatística significativa com os índices gonadais de *E. lucunter*.

Em Muro Alto, a espécie *E. lucunter* apresentou um ciclo reprodutivo anual, registrando-se dois picos do índice gonadal durante a estação seca: em outubro de 2004 (4,26%) e em dezembro de 2004 (3,45%). McPherson (1969), também constatou para a mesma espécie, um ciclo reprodutivo anual em 1965/66. Segundo este autor, um aumento significativo nos índices gonadais médios ocorreu durante a primavera e no início do verão. Tal atividade gamética pode ter sido influenciada por fatores externos como aumento da temperatura, luminosidade ou fotoperíodo. Entretanto, Lessios (1981) mostrou que o controle do ciclo gametogênico pode ser assincrônico entre populações de *E. lucunter* quando não há diferenças de sazonalidade, mas há variação geográfica. Ventura et al. (2003), também encontraram um padrão similar no ciclo reprodutivo de *E. lucunter* entre populações ocorrentes em costões rochosos, no Cabo Frio (RJ) e em recifes de coral, nos Abrolhos (BA), com valores máximos do índice gonadal ocorrendo em novembro de 1999 (14%) e setembro de 2000 (16%), para a primeira localidade, e em agosto de 2000 (9%), para a segunda, enquanto que uma diminuição nos índices gonadais foi registrada a partir de dezembro de 1999, indicando o início das desovas. McPherson (1969), já havia mostrado um padrão no período de desova entre indivíduos de diferentes ambientes, em Florida Keys. Porém, Ventura et al. (2003) mostraram diferenças nos estágios gametogênicos entre indivíduos das duas localidades, sugerindo uma reprodução assincrônica atribuída a fatores exógenos, tais como:

disponibilidade e qualidade do recurso alimentar, temperatura da água e ciclo lunar. Tavares (2004) constatou para a espécie *E. lucunter* marcada sazonalidade do ciclo gametogênico, quando a proliferação e a maturação das células sexuais ocorreram na primavera e no verão, e a liberação dos gametas acontecendo no outono, sendo observado um repouso invernal, entre os machos e entre as fêmeas. Por outro lado, em Muro Alto, ocorreu um aumento significativo na proporção de recrutamento, no período de abril a julho de 2004, provavelmente associado a um assentamento larval. Nas fêmeas o período para as maiores desovas ocorreu entre fevereiro e abril de 2005, quando mais de 80% dos indivíduos haviam liberado seus gametas. Ao contrário do observado para os machos de *E. lucunter*, quando o período de emissão de gametas se estendeu com percentuais superiores a 70% entre os meses de outubro de 2004 e julho de 2005. Uma possível causa para os diferentes momentos de liberação de gametas entre machos e fêmeas pode ser devido a um assincronismo intraespecífico da espécie em Muro Alto. Este assincronismo foi observado para outros equinóides que apresentam reprodução contínua como, *L. variegatus* e *E. mathaei* (PEARSE; PHILLIPS, 1968 apud JUNQUEIRA, 1998; JUNQUEIRA, 1998). Junqueira (1998) atribui as diferenças no processo gametogênico de machos e fêmeas ao fato de as fêmeas requererem alto custo energético para produção de óvulos, necessitando grandes quantidades de nutrientes.

Com relação ao início da maturidade sexual de *E. lucunter*, McPherson (1969) registrou os seguintes valores de diâmetro de carapaça: 18 mm para os machos e 21 mm para as fêmeas, durante o período de maturação máxima das gônadas na população de adultos. Em Muro Alto, os valores obtidos foram bastante próximos aos encontrados por McPherson, sendo registrados 20,81 mm nos machos e 21,37 mm nas fêmeas.

Os resultados deste trabalho assinalam diferenças e similaridades para *E. lucunter* de outras localidades, como também com outras espécies de equinóides regulares, quanto aos parâmetros de crescimento, taxa de mortalidade, padrão de recrutamento, densidade e padrão de distribuição, ciclo reprodutivo e gametogênico.

6. CONCLUSÕES

- A população de *Echinometra lucunter* apresenta um crescimento contínuo, de acordo com os valores estimados para o tamanho infinito (L_∞) e a taxa de crescimento (K);
- A taxa de mortalidade estimada para a população de *E. lucunter* é considerada baixa no recife de arenito da praia de Muro Alto, entre agosto de 2004 e agosto de 2005;
- A estrutura populacional de *E. lucunter* é essencialmente polimodal, ou seja, constituída de várias coortes;
- O recrutamento na população de *E. lucunter* ocorre na estação chuvosa, com assincronismo intraespecífico na liberação de gametas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

ALECRIM, E. **A fisiografia e o turismo de Pernambuco**. Recife: Edições Bagaço, 2003. 392p.

ALMEIDA, A. M. M. B. **Efeito da salinidade e da temperatura no desenvolvimento e sobrevivência de ouriços do mar (Echinodermata, Echinoidea)**. 74f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1979.

APPANA, S. D.; VUKI, V. C. A novel method of assessing bioerosion by the sea urchin *Echinometra lucunter* sp. A on a Fijian reef. **The South Pacific Journal of Natural Science**, Suva, v.21, p.25-30, 2003.

APPELDOORN, R. Modification of a seasonally oscillating growth function for use with mark-recapture data. **Journal du Conseil CIEM**, [S.l.], v.43, p.194-198, 1987.

BAUER, J. C. Growth, aggregation, and maturation in the echinoid, *Diadema antillarum*. **Bulletin of Marine Science**, [S.l.], v.26, n.2, p.273-277, 1976.

BERNASCONI, I. Equinoideos y Asteroideos de la colección del Instituto Oceanográfico de la Universidad de San Pablo (Primera contribución). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v.6, n.1-2, p.51-77, 1955.

BERTALANFFY, L. von. A quantitative theory of organic growth: inquiries on growth laws II. **Human Biology**, [S.l.], v.10, n.2, p.181-213, 1938.

BHATTACHARYA, C. G. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. **Biometrics**, [S.l.], v.23, p.115-135, 1967.

BIOESTAT: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Bio-médicas. Versão 3.0. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2003. 1 CD-ROM.

* De acordo com:
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24p.

BORZONE, C. A. Spatial distribution and growth of *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) on a sandy beach of southern Brazil. **Nerítica**, Curitiba, v.7, n.1-2, p.87-100, 1992/93.

BRITO, I. M. Os equinóides regulares do litoral do Rio de Janeiro. **Avulso Centro de Estudos Zoológicos**, Rio de Janeiro, n.4, p.1-8, 1960.

_____. Ensaio de catálogo dos equinodermas do Brasil. **Avulso Centro de Estudos Zoológicos**, Rio de Janeiro, n.13, p.1-11, 1962.

_____. Asteróides e equinóides do Estado da Guanabara e adjacências. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, n.260, p.1-51, 1968.

EMPRESA DE TURISMO DE PERNAMBUCO. **Inventário do Potencial Turístico de Pernambuco**: Ipojuca. Recife: EMPETUR, 1998. 27p.

FERNANDES, M. L. B.; TOMMASI, L. R.; LIMA, E. J. B. Filo Echinodermata de Pernambuco. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (orgs.). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Massangana, 2002. v.2, cap.29, p.405-427.

FISAT II: FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools. Version 1.0. Rome: FAO, 2000-2002.

FREIRE, C. A.; SANTOS, P. J. P.; FONTOURA, N. F.; MAGALHÃES, R. A. O.; GROHMANN, P. A. Growth and spatial distribution of *Cassidulus mitis* (Echinodermata: Echinoidea) on a sandy beach in Southeastern Brazil. **Marine Biology**, [S.l.], n.112, p.625-630, 1992.

HADEL, V. F.; MONTEIRO, A. M. G.; DITADI, A. S. F.; TIAGO, C. G.; TOMMASI, L. R. Filo Echinodermata. In: JOLY, C. A. & BICUDO, C. E. M. (orgs.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil**: síntese do conhecimento ao final do século XX, 3: invertebrados marinhos. São Paulo: FAPESP, 1999. v.3, cap.38, p.259-271.

HAGEN, N. Echinoculture: from fishery enhancement to close-cycle cultivation. **Aquaculture**, v.27, n.4, p.6-19, 1996.

HENDLER, G. Seasonality of echinoid mortality at Galeta, Panama. In: MEETING OF THE ASSOCIATION OF ISLAND MARINE LABORATORIES OF THE CARIBBEAN, 12., 1976, Curacao. **Proceedings…** Curacao: Association of Island Marine Laboratories of the Caribbean, 1977a. p.34.

_____. The differential effects of seasonal stress and predation on the stability of reef-flat echinoid populations. In: INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, 3., 1977, Taylor (ed.), Miami. **Proceedings…** Miami: Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, 1977b. p.217-223.

HENDLER, G.; MILLER, J. E.; PAWSON, D. L.; KIER, P. M. **Sea Stars, Sea Urchins, and Allies**: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Hong Kong: Smithsonian Institution Press, 1995. 390p.

JUNQUEIRA, A. O. R. **Biologia populacional de *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816) em habitats contrastantes do litoral do Rio de Janeiro, Brasil**. 1998. 154f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LAWRENCE, J. M.; KAFRI, J. Numbers, biomass, and caloric content of the echinoderm fauna of the rocky shores of Barbados. **Marine Biology**, [S.l.], v.52, p.87-91, 1979.

LESSIOS, H. A. Reproductive periodicity of the echinoids *Diadema* and *Echinometra* on the two coasts of Panama. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [S.l.], v.50, p.47-61, 1981.

LEWIS, J. B.; STOREY, G. S. Differences in morphology and life history traits of the echinoid *Echinometra lucunter* from different habitats. **Marine Ecology Progress Series**, [S.l.], v.15, p.207-211, 1984.

LIMA-VERDE, J. S. Primeira contribuição ao inventário dos equinodermas do nordeste brasileiro. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.9, n.1, p.9-13, 1969.

MacCORD, F. S.; VENTURA, C. R. R. Reproductive cycle of the endemic cassiduloid *Cassidulus mitis* (Echinoidea: Cassiduloida) on the Brazilian coast. **Marine Biology**, [S.l.], v.145, p.603-612, 2004.

McCLANAHAN, T. R.; KURTIS, J. D. Population regulation of the rock-boring sea urchin *Echinometra mathaei* (de Blainville). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [S.l.], v.147, p.121-146, 1991.

McGEHEE, M. A. Distribution and abundance of two species of *Echinometra* (Echinoidea) on coral reefs near Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, Mayagüez, v.28, n.3-4, p.173-183, 1992.

McPHERSON, B. F. Studies on the biology of the tropical sea urchins, *Echinometra lucunter* and *Echinometra viridis*. **Bulletin of Marine Science**, Miami, v.19, n.1, p.194-213, 1969.

METAXAS, A. The effect of salinity on larval survival and development in the sea urchin *Echinometra lucunter*. **Invertebrate Reproduction and Development**, Balaban, v.34, n.2-3, p.323-330, 1998.

METAXAS, A.; YOUNG, C. M. Responses of echinoid larvae to food patches of different algal densities. **Marine Biology**, [S.l.], v.130, p.433-445, 1998.

MOREAU, J. Mathematical and biological expression of growth in fishes: recent trends and further developments. In: SUMMERFELT, R. S.; HALL, G. E. (eds.). **The age and growth of fish**. Iowa: The Iowa State University Press, 1987. p.81-113.

PAULY, D. A review of Elefan system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. **ICLARM Contribution**, n.232, 1987.

PENFOLD, R.; HUGHSON, S.; BOYLE, N. The potencial for a sea urchin fishery in Shetland. **North Atlantic Fisheries College**, Fisheries Development Note, Shetland, n.5, p.1-4, 1996.

PEREIRA, S. C. **Variação espacial do ouriço-do-mar *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) ao longo do complexo recifal de Tamandaré-PE**. 2001. 60f.

Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.

POMPA, L.; PRIETO, A. S.; MANRIQUE, R. Abundancia y distribución especial en una población del erizo *Echinometra lucunter* (L) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. **Acta Científica Venezolana**, [S.l.], v.40, p.289-294, 1989.

RATHBUN, R. A list of the Brazilian Echinoderms with notes on their distribution. **Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences**, [S.l.], v.3, n.5, p.139-158, 1879.

SÁNCHEZ-JÉREZ, P.; CESAR, A; CORTEZ, F. S.; PEREIRA, C. D. S.; SILVA, S. L. R. Distribución espacial de las poblaciones de erizos más abundantes de la costa sudeste del litoral de São Paulo (Brasil). **Ciencias Marinas**, [S.l.], v.27, n.1, p.139-153, 2001.

SEWELL, M. A.; YOUNG, C. M. Temperature limits to fertilization and early development in the tropical sea urchin *Echinometra lucunter*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, [S.l.], v.236, p.291-305, 1999.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 350p.

SOMERS, I. F. On a seasonally oscillating growth function. **ICLARM Fishbyte**, [S.l.], v.6, n.1, p.8-11, 1988.

TAVARES, Y. A. G. **Biologia reprodutiva dos equinóides *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) e *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) na Ilha da Galheta, litoral paranaense, Brasil**. 2004. 196f. Tese (Doutorado em Zoologia) – Universidade Federal do Paraná, Pontal do Sul, 2004.

TAVARES, Y. A. G.; BORZONE, C. A. General features of population dynamics of the sand dollar *Mellita quinquiesperforata* (Leske, 1778) in southern Brazilian sandy beaches. In: INTERNATIONAL ECHINODERM CONFERENCE SAN FRANCISCO, 9., 1996, California. **Proceedings…** Rotterdam: Balkema, 1998. p.837-842.

TOMMASI, L. R. Os equinodermas do litoral de São Paulo, 1: Echinoidea, Crinoidea e Holothuroidea do bentos costeiro. **Papeis Avulsos do Departamento de Zoologia**, São Paulo, v.13, n.2, p.19-44, 1957.

_____. Equinodermas do Estado do Rio de Janeiro, 1: Crinoidea, Asteroidea, Echinoidea e Holothuroidea da região compreendida entre o Cabo dos Búzios e Cabo Frio. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.31, n.4, p.601-604, 1959.

_____. Lista dos equinóides recentes do Brasil. **Contribuições Avulsas do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, n.11, p.1-50, 1966.

TURON, X.; GIRIBET, G.; LÓPEZ, S.; PALACÍN, C. Growth and population structure *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. **Marine Ecology Progress Series**, [S.l.], v.122, p.193-204, 1995.

VENTURA, C. R. R.; VAROTTO, R. S.; CARVALHO, A. L. P. S.; PEREIRA, A. D.; ALVES, S. L. S.; MacCORD, F. S. Interpopulation comparison of the reproductive and morphological traits of *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) from two different habitats on Brazilian coast. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ECHINODERM RESEARCH, 6., 2001, Banyuls-sur-mer. **Proceedings…** Lisse: Swets & Zeitlinger, 2003. p.289-293.