

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

**O EFEITO DE UM DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA ABUNDÂNCIA E ESTRUTURA
POPULACIONAL DE *Excirolana armata* (Dana, 1853) EM DUAS PRAIAS DA ILHA
DO MEL, PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-
Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, do
Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Borzone

**PONTAL DO PARANÁ
2007**

Agradecimentos

Primeiramente ao meu orientador Carlos Alberto Borzone, pela orientação, pelas intermináveis discussões e pelo conhecimento me passado.

À minha família que me ajudou e me apoiou nesses 2 anos de mestrado, a qual dedico este trabalho. Meu pai Gelson R. Matuella, minha mãe Lolita de Fátima P. A. Matuella, meu irmão Guilherme A. Matuella e minha irmã Barbara A. Matuella.

À todas as pessoas que me ajudaram nesses anos. Minha namorada Nathalie, meu colega de curso e de casa Rodrigo, ao parceiro de laboratório e de festas Leonardo, e ao meu grande amigo Foca.

À todos os amigos de curso de mestrado Carol, Manu, Day e Alexandre, assim como todos os amigos do CEM.

Aos funcionários do CEM, entre eles os barqueiros, e o pessoal do laboratório de Oceanografia Química.

À CAPES pela bolsa fornecida durante esses dois anos de curso.

Sumário

Agradecimentos.....	3
Índice de Tabelas	5
Índice de Figuras	6
Resumo	9
Abstract	10
1. Introdução	11
2. Área de Estudo.....	16
2.1. Metodologia de coleta	20
2.2. Processamento e análise dos dados	21
3. Resultados	23
3.1. Características físicas das praias.....	23
3.2. Parâmetros Biológicos	26
3.2.1. Praia de Brasília.....	26
3.2.1.1. Densidade e abundância	26
3.2.1.2. Classes de Tamanho e Morfometria	29
3.2.1.3. Distribuição Espacial.....	33
3.2.1.4. Estrutura Populacional.....	36
3.2.1.5. Fecundidade das Fêmeas Ovíferas.....	41
3.2.2. Praia de Corozinha	45
3.2.2.1. Densidade e abundância	45
3.2.2.2. Classes de Tamanho e Morfometria	47
3.2.2.3. Distribuição Espacial.....	52
3.2.2.4. Estrutura Populacional.....	54
3.2.2.5. Fecundidade das Fêmeas Ovíferas.....	59
4. Discussão.....	63
5. Referências Bibliográficas	72

Índice de Tabelas

Tabela 1. Dados de salinidade da água do mar, sedimento (valores médios e desvio padrão de 10 pontos amostrais) e declividade das praias da Ilha do Mel. Salinidade (Sal), Média do grão (Md), Desvio padrão (DP), Seleção (Sel), Assimetria (Assm), Curtose (Cur), Umidade em % (Umd) e a inclinação do perfil praias em metros (Perfil).	24
Tabela 2. Densidade média (em indivíduos/m ²) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006.	26
Tabela 3. Abundância linear (indivíduos/m ⁻¹) na praia da Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006.	27
Tabela 4. Resultados da regressão estabelecida para relação comprimento e peso seco de <i>E. armata</i> na Praia de Brasília.	31
Tabela 5. Resultado do teste <i>t</i> para a comparação entre as curvas de regressão (coef .b) na Praia de Brasília. Os valores significativos estão em negrito.	32
Tabela 6. Resumo dos resultados da ANOVA unifatorial da estrutura populacional da Praia de Brasília. Valores significativos estão marcados com *.	40
Tabela 7. Resumo dos resultados da ANOVA unifatorial de fecundidade das fêmeas ovígeras da Praia de Brasília. Valores significativos estão marcados com *.	44
Tabela 8. Densidade média (em indivíduos/m ²) na Praia de Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006.	45
Tabela 9. Abundância linear (indivíduos/m ⁻¹) na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006.	46
Tabela 10. Resultados da regressão estabelecida para relação comprimento e peso seco de <i>E. armata</i> na Praia de Coroazinha.	49
Tabela 11. Resultado do teste <i>t</i> para a comparação entre as curvas de regressão (coef .b) na Praia de Coroazinha. Os valores significativos estão em negrito.	51
Tabela 12. Resumo dos resultados da ANOVA da estrutura populacional da Praia de Coroazinha. Valores significativos estão marcados com *.	58
Tabela 13. Resumo dos resultados da ANOVA unifatorial das fêmeas ovígeras da Praia de Coroazinha. Valores significativos estão marcados com *.	62

Índice de Figuras

Figura 1. Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá com a localização do Porto de Paranaguá. Em detalhe as duas praias estudadas.	17
Figura 2. Praia de Brasília.	19
Figura 3. Praia de Coroazinha.	19
Figura 4. Perfil da Praia de Brasília entre 2004 e 2006.	25
Figura 5. Perfil da praia da Coroazinha entre 2004 e 2006.	25
Figura 6. Densidade média (e desvio padrão $\pm 95\%$) da Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.	27
Figura 7. Abundância linear (e desvio padrão $\pm 95\%$) da praia em Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.	28
Figura 8. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2004, na Praia de Brasília.	30
Figura 9. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2005, na Praia de Brasília.	30
Figura 10. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2006, na Praia de Brasília.	31
Figura 11. Relação entre o comprimento e o peso seco individual na Praia de Brasília.	32
Figura 12. Distribuição espacial de <i>E. armata</i> no ano de 2004 na Praia de Brasília. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m ²	34
Figura 13. Distribuição espacial de <i>E. armata</i> no ano de 2005 na Praia de Brasília. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m ²	34
Figura 14. Distribuição espacial de <i>E. armata</i> no ano de 2006 na Praia de Brasília. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m ²	35
Figura 15. Histograma da estrutura populacional (em %) da Praia de Brasília, representando os juvenis, fêmeas ovígeras, fêmeas e machos entre o verão de 2004 e o inverno de 2006.	36
Figura 16. Número de machos coletados (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.	37
Figura 17. Número de fêmeas coletadas (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo.	37
Figura 18. Número de fêmeas ovígeras coletadas (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.	38
Figura 19. Proporção entre machos e fêmeas coletados (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília entre o verão de 2004 e o inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.	39
Figura 20. Número de juvenis coletados (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo.	39
Figura 21. Peso seco de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.	41

Figura 22. Peso seco dos ovos totais de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.....	42
Figura 23. Peso seco individual dos ovos de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos	42
Figura 24. Número de ovos por fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.....	43
Figura 25. Tamanho dos ovos das fêmeas ovígeras (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.....	44
Figura 26. Densidade média (e desvio padrão $\pm 95\%$) da Praia de Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.....	45
Figura 27. Abundância/m linear de praia (e desvio padrão $\pm 95\%$) em Coroazinha, do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.....	46
Figura 28. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2004, na praia da Coroazinha.....	48
Figura 29. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2005, na praia da Coroazinha.....	48
Figura 30. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2006, na praia da Coroazinha.....	49
Figura 31. Relação entre o comprimento e o peso seco individual na Praia de Coroazinha.....	50
Figura 32. Distribuição espacial de <i>E. armata</i> no ano de 2004 na Praia de Coroazinha. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m ²	52
Figura 33. Distribuição espacial de <i>E. armata</i> no ano de 2005 na Praia de Coroazinha. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m ²	53
Figura 34. Distribuição espacial de <i>E. armata</i> no ano de 2006 na Praia de Coroazinha. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m ²	53
Figura 35. Histograma da estrutura populacional (em %) na Praia de Coroazinha representando os juvenis, fêmeas ovígeras, fêmeas e machos entre o verão de 2004 e o inverno de 2006.....	54
Figura 36. Número de machos (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletados na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.....	55
Figura 37. Número de fêmeas (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletadas na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.....	55
Figura 38. Número de fêmeas ovígeras (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletadas na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.....	56
Figura 39. Proporção entre machos e fêmeas (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletados na praia da Coroazinha entre o verão de 2004 e o inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo.....	57

Figura 40. Número de juvenis (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletados na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.....	57
Figura 41. Peso seco de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) na Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.	59
Figura 42. Peso seco médio dos ovos totais de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.	60
Figura 43. Peso seco médio individual dos ovos cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.	60
Figura 44. Número médio de ovos por fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) na Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.....	61
Figura 45. Tamanho médio dos ovos das fêmeas ovígeras (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.....	61

Resumo

Com o desenvolvimento das atividades econômicas a poluição por hidrocarbonetos em ambientes costeiros se tornou muito comum. Essa poluição pode impactar de várias maneiras os organismos marinhos, causando efeitos letais ou subletais. Organismos de praias arenosas podem sofrer com a deposição de óleo no sedimento, entre esses organismos está o isópode *Excirolana armata*. Em novembro de 2004 a explosão de um navio derramou óleo nas águas da Baía de Paranaguá, contaminando vários ambientes, entre eles as praias da Ilha do Mel. O presente trabalho analisou durante 3 anos (um antes e dois depois do derramamento) as alterações nas abundâncias e na estrutura da população de um organismo muito abundante nas praias arenosas da Ilha do Mel, a *Excirolana armata*. Duas praias foram utilizadas para analisar parâmetros como densidade e abundância linear, classes de tamanho e morfometria, a distribuição espacial, a estrutura populacional e a fecundidade das fêmeas ovígeras. Na Praia de Brasília foram coletados um total de 921 indivíduos, com uma densidade de 50 indivíduos/m² no verão antes do derramamento e 177 indivíduos/m² no inverno de 2006, e na praia da Coroazinha 1887 organismos, com densidade de 151 indivíduos/m² no inverno anterior ao derramamento, e 402 indivíduos/m² no inverno logo após o derramamento. Foram observados efeitos não letais relacionados com a distribuição espacial, densidades e fecundidade das fêmeas ovígeras, porém, o único indício de um efeito letal sobre a população foi o desaparecimento, após o derramamento, dos maiores indivíduos na população da Praia de Brasília. Existe a possibilidade de que essas mudanças possam estar relacionadas a variações interanuais, no entanto ficou claro que, apesar do derramamento do óleo, não houve diminuição na abundância desse organismo.

Abstract

With the increase of the development of economic activities the pollution by hydrocarbons in costal environments became very usual. This pollution can impact marine organisms in different ways, causing lethal or sublethal effects. Sandy beaches organisms could suffer with the deposition of oil over the sediment, and among this organism the isopod *Excirolana armata* is included. On November of 2004 a ship explode spills oil onto the Paranaguá Bay's waters contaminating several environments, including the Mel Island's sandy beaches. This present study worked during 3 years (one before and two after the oil spill) with the changes in abundances and population structure of a very common organism present in the Mel's Island sandy beaches, the *Excirolana armata*. Two beaches were chosen to analyze parameters such as density and linear abundance, interval class size and morphometry, spatial distribution, population structure and the fecundity of the ovigerous females. On the beach of Brasília, a total of 921 specimens were collected, with a density of 50 specimens/m² in the summer before the spill and 177 specimens/m² in the winter of 2006, and on the beach of Coroazinha a total of 1887 specimens were collected, with a density of 151 specimens/m² on the winter before the spill, and 402 specimens/m² on the winter right after the spill. Some non lethal effects related to the spatial distribution, densities and fecundity of the ovigerous females were observed, although the only evidence of a lethal effect over the population was the disappearance, after the oil spill, of the biggest (oldest) specimens on the Brasília's beach. There is a possibility that these changes may be related to interannual variations, however, it is certain that, even with the presence of oil, there was no loss in the abundances of this organism.

1. Introdução

A poluição por hidrocarbonetos teve um grande aumento desde que o homem iniciou as suas atividades de exploração de petróleo. A poluição causada por vazamentos de petróleo e/ou seus derivados ocorre, infelizmente, com certa frequência, constituindo uma grande ameaça ao ambiente costeiro e ao desenvolvimento de atividades econômicas como o turismo e a exploração de recursos naturais renováveis como pesca e aquicultura (Commendatore *et al.*, 2000)

É estimado que, de todo óleo derramado nos oceanos por ano, 36% seja por escoamento, 12% seja por acidentes, 22% intencionalmente liberados em operações normais e 8% por meios naturais (Suchanek, 1993), e as suas consequências podem ser significativas. O grau de impacto do óleo em organismos marinhos varia dependendo da concentração do óleo, do tipo de óleo, da duração do contato com o óleo, e da sensibilidade do organismo (Gin *et al.*, 2001). A exposição ao óleo pode causar uma série de efeitos adversos para um organismo, população ou comunidade, como a morte de organismos (efeitos letais), ou alterar algumas funções fisiológicas, sendo as mais afetadas por efeitos subletais a reprodução, o crescimento, a respiração, a excreção, a quimiorrecepção, alimentação, movimentação, resposta a estímulos e susceptibilidade a doenças, podendo resultar em uma perturbação permanente ou transitória (Hyland e Schneider, 1976; Suchanek, 1993; Boyd *et al.*, 2001). De acordo com Boyd *et al.* (2001), a quantidade de óleo exposta aos organismos depende de alguns fatores como o tipo de óleo, quantidade de óleo derramada, o tipo de linha de costa, as variações na maré e as condições meteorológicas, hidrográficas e oceanográficas.

No entanto, os efeitos dos hidrocarbonetos de petróleo são extremamente variáveis, acredita-se que, devido à grande variedade na composição química do petróleo. É geralmente aceito que, dentro de uma população, organismos mais jovens sejam também os mais sensíveis às contaminações ambientais por hidrocarbonetos de petróleo (CEM, 2005).

Os organismos bentônicos são componentes importantes nos ecossistemas marinhos, pois são considerados uma das principais fontes de alimentos para determinadas espécies de peixes. A poluição por hidrocarbonetos em ecossistemas bentônicos pode causar danos irreversíveis ao ecossistema, como a eliminação de organismos de menores níveis tróficos, o que pode ser prejudicial nos ciclos de carbono, nitrogênio e enxofre, e ainda alterar a composição específica da teia trófica (Gray e Ventilla, 1971). Zeh *et al.* (1981) afirmam que para avaliar os danos causados

a um ecossistema bentônico são necessárias algumas medições de parâmetros populacionais e uma análise estatística dos dados. O objetivo principal deste tipo de estudo seria então documentar a resposta de uma comunidade, e/ou das populações ao óleo, verificando mudanças na mortalidade, índices de abundância e diversidade, biomassa e taxas de crescimento (Holme e McIntyre, 1979). Os impactos sentidos ao nível de uma população bentônica tipicamente envolvem mudanças nas abundâncias, estrutura etária e/ou de tamanho, estrutura genética da população, na reprodução e na redução do potencial de recrutamento (Suchanek, 1993).

O efeito de um derramamento sobre um ecossistema bentônico terá piores conseqüências quando houver o afundamento do óleo. Afundamento que pode ocorrer quando o óleo derramado é mais denso que a água, ou quando o óleo acumula uma quantidade suficiente de sedimento em suspensão para afundar, recobrando desta forma o fundo marinho (Michel e Galt, 1995; Michel *et al.*, 1995). Porém, na maioria das vezes, o óleo permanece flutuando, sendo depositado nas regiões entre-marés de praias e costões rochosos. Em alguns casos foi constatada a presença de óleo em regiões superiores do entre-marés, como por exemplo, na restinga. Isso se deve ao fato do derramamento ter ocorrido simultaneamente a eventos de ressaca e/ou ventos intensos (NAS, 1985).

Mesmo que, na maioria das vezes, o ecossistema bentônico não seja tão afetado em eventos de derramamento, em algumas ocasiões foi documentada uma contaminação extensiva de sedimento, como por exemplo, no caso do *Florida*, navio naufragado em Buzzards Bay (Sanders, 1978; Sanders *et al.*, 1980), do *Amoco Cadiz* na costa de Brittany, França (Cabioch *et al.*, 1982), do *Exxon Valdez* em Prince William Sound (O'Clair *et al.*, 1993; Jewett e Dean, 1993), e do *Braer* nas Ilhas Shetland (Ecological Steering Group, 1993). Com exceção do *Exxon Valdez*, todos esses incidentes ocorreram durante condições de alta energia de onda, onde tanto o óleo quanto o sedimento fino foram misturados ao longo da coluna d'água em regiões próximas às praias. Isto demonstra que são necessárias algumas condições únicas antes que o sistema bentônico seja contaminado em larga escala. De acordo com Day *et al.* (1997) cada derramamento de óleo deve ser considerado diferente como conseqüência das variações entre organismos, condições ambientais e tipos de óleo.

De acordo com Crump-Wiesner e Jennings (1975) as praias localizadas próximas a um derramamento podem ser completamente recobertas pelo óleo, e ainda causar fortes odores devido à impregnação deste óleo no sedimento. O acúmulo de manchas de óleo seco (piche) ao longo da praia também pode promover danos estéticos à praia (Clark, 1993). Problemas como estes podem se tornar piores em praias que recebem grande número de visitantes.

Em regiões entre-marés de praias arenosas, os efeitos físicos dos materiais tóxicos são provavelmente mais significativos do que a toxicidade química propriamente dita, pois quando o óleo alcança a costa é bem provável que as frações mais tóxicas já tenham sido evaporadas. Por se tratar de um ambiente de alta energia, o tempo de residência do óleo na camada superficial do sedimento das praias arenosas é geralmente curto, de mais ou menos um ou dois ciclos de maré. Porém, existe a percolação do óleo no sedimento, especialmente em sedimentos grosseiros, sendo que a recuperação total da fauna de uma praia impactada por óleo deve ocorrer dentro de um ou dois anos, dependendo da sua dinâmica (Chad Export Project, 1999). O sedimento de uma praia arenosa pode sofrer deposição de várias camadas de óleo devido a ação das ondas e principalmente da maré (Boyd *et al.*, 2001).

Alguns autores sugerem essa relação negativa entre óleo e organismos, como Hyland (1978), trabalhando com comunidades macrobentônicas na costa da França, após o derramamento do Amoco Cadiz. Este autor encontrou um efeito letal do óleo sobre vários organismos, como decápodes, anfípodes, gastrópodes, bivalves, apesar de no mesmo local observar a presença de muitos poliquetas portando ovos. Conan (1982), estudando os efeitos do mesmo derramamento, também observou efeitos letais de imediato. As populações mais afetadas foram de bivalves, litorinas, patelas e crustáceos peracáridos, já os organismos menos afetados foram poliquetas e grandes crustáceos. Efeitos letais (mortalidade) e subletais (alterações no crescimento e recrutamento) ainda foram observados três anos após o derramamento. Ainda de acordo com Conan (1982) as espécies com curto ciclo de vida tendem a substituir as espécies de ciclos mais longos. Efeitos similares foram observados em de la Huz *et al.* (2005).

Junoy *et al.* (2005) identificaram que as abundâncias de isópodes do gênero *Eurydice*, dominantes da região intermediária da praia, junto com poliquetas *Scolelepis squamata*, nemertinos e dípteras, reduziram significativamente depois de um derramamento em praias arenosas do norte da Espanha. Por outro lado, houve uma estreita relação entre estas abundâncias e o gradiente de poluição criado após o derramamento (Junoy *et al.*, op.cit.).

Em relação à fecundidade, Elmgren *et al.* (1983) identificaram um aumento no número de ovos anormais ou indiferenciados em espécies do gênero *Pontoporeia*; também foi observado um forte recrutamento de *Macoma balthica* logo após o derramamento do navio Tsesis. Espécies afetadas durante um período sexualmente produtivo podem alterar o futuro recrutamento da espécie, acentuando ainda mais o impacto inicial do óleo (Hyland, 1978).

Entretanto, alguns estudos não encontraram relações significativas entre a presença do óleo no sedimento e alterações na estrutura das associações. Kingston *et al.* (1995) não identificaram mudanças nas comunidades bentônicas, como riqueza de espécies, abundância e diversidade, após o derramamento do navio Braer, somente uma redução na abundância de populações mais sensíveis, como anfípodes.

Um grupo de organismos muito importante nas praias arenosas é constituído por crustáceos peracáridos. Entre eles estão os isópodes cirolanídeos, muito freqüentes no mesolitoral de praias arenosas tropicais e temperadas em todo o mundo (Dahl 1952; McLachlan e Jaramillo 1995). De acordo com Gimenez e Yannicelli (1997), estes organismos possuem um movimento ativo mediado pelo espraiamento o que provoca a migração para cima ou para baixo do perfil praiar. Permanecem enterrados durante a maré baixa, e quando cobertos pela água, na subida da maré, tornam-se ativos, voltando a nadar em busca de alimentos na coluna d'água (Weinberg e Starczak, 1988; Naylor e Rejeki, 1996; Gimenez e Yannicelli, 1997).

Isópodes cirolanídeos são comuns em praias de todo o mundo. O gênero *Exciorolana* é composto por 12 espécies, sendo que duas delas ocorrem no Brasil: *Exciorolana armata* e *Exciorolana braziliensis*. *E. braziliensis* ocorre desde o Golfo da Califórnia até Niebla no Pacífico Leste (Jaramillo, 1982), e desde o Golfo do México até o Brasil, no Atlântico Oeste (Glynn *et al.*, 1975). De acordo com Castro e Brum (1969), *E. armata* ocorre desde o Rio de Janeiro até a região de Mar del Plata, na Argentina; Ribetti e Roccatagliata (2006) encontraram indivíduos da espécie *Cirolana argentina* (revalidada pelos referidos autores como *Exciorolana armata*) ainda mais ao sul, na região do Golfo San José, norte da Patagônia. *E. armata* é comum na região supralitoral e entre-marés de praias dissipativas de areias finas bem selecionadas, inclinação suave e com zona de arrebentação bem definida, sendo dominante em termos de número de indivíduos, (Glynn *et al.*, 1975; Dexter, 1977; Defeo *et al.*, 1992; Borzone *et al.*, 1996; Veloso e Cardoso, 2001), mas também ocorre em praias refletivas de baixa energia, com forte influência estuarina (com. pess. Dr. Carlos Borzone, CEM/UFPR).

E. armata é um cavador superficial que ocorre nos sete centímetros superiores do sedimento. Possui hábito alimentar oportunista, atuando como predador e necrófago, consumindo qualquer tipo de tecido animal disponível (Gianuca, 1985). As fêmeas do gênero *Exciorolana* são ovovivíparas, sem dispersão larval; os ovos são mantidos em um marsúpio até o estágio de manca (Klapow 1970; Dexter 1977). As fêmeas apresentam uma história de vida semélpara, gastando toda a sua reserva de energia durante a incubação e provavelmente morrendo após a sua época de reprodução (Martinez e Defeo, 2006).

Apesar da sua pequena extensão (cerca de 100 Km), a costa do Paraná comporta um grande complexo estuarino, o da Baía de Paranaguá. É comum em estuários e baías abrigadas, onde é maior a influência da maré, um tipo de praia arenosa que representa uma transição entre as praias dominadas por ondas e as planícies intermareais dominadas por marés. Estas praias correspondem às faixas de areias litorâneas (ou marginais), onde a formação de marismas e mangues estão ausentes, e que se estendem em direção d'água geralmente formando uma planície de maré. Contudo, em alguns locais do estuário pode se observar que a força das correntes nas proximidades de canais de maré vazante ou de enchente impede o desenvolvimento de uma planície antes da praia (Borzzone *et al*, 2003).

Dentro da Baía de Paranaguá está localizado o Porto D. Pedro II, mais conhecido como Porto de Paranaguá, ocupa uma área de 13 Km², sendo muito importante na exportação de produtos agrícolas como soja em grãos e farelo de soja. É o segundo maior porto do país, mas o maior em exportação de grãos. Exporta entre outros produtos automóveis, agrotóxicos e petróleo. O que deixa a região sob risco iminente oriundo das atividades relacionadas ao porto, como operações de dragagem, intrusão de espécies exóticas por água de lastro e acidentes ocasionados durante a manipulação de cargas perigosas. Um evento recente foi a explosão e afundamento do navio *Vicuña*, em novembro de 2004, com o conseqüente derramamento de óleo. Após o acidente houve a necessidade da realização de vários estudos do impacto ambiental gerado, remetendo quando possível à existência de estudos anteriores ao acidente, como base para comparação e conferindo maior credibilidade às informações geradas.

Desde o início do ano do acidente estavam sendo desenvolvidos estudos das comunidades bentônicas das praias estuarinas da Ilha do Mel, que foram fortemente atingidas pelo derramamento de óleo mencionado. O presente trabalho analisou as alterações nas abundâncias e na estrutura da população de um dos organismos mais abundantes nestes ambientes, o isópode *Excirrolana armata*, procurando identificar efeitos letais e/ou subletais nas suas populações.

2. Área de Estudo

O complexo da Baía de Paranaguá (Lat. 25°16'-34' S; Long. 48°17'-42' W), localizado na porção centro-norte do litoral paranaense, apresenta cerca de 552 km² de espelho d'água, mais 295,5 km² de áreas vegetadas inundadas (Noernberg *et al.*, 2004) (Figura 1). É classificado como um sistema estuarino, formado por dois corpos d'água principais: as Baías de Paranaguá e Antonina ao leste e as Baías de Laranjeiras e Pinheiros ao norte. O complexo está separado do oceano pela presença da Ilha do Mel, onde todo este sistema interno conecta-se com o mar adjacente através de dois canais (Lana *et al.*, 2001): o canal da Barra Norte e o canal Barra Sul, também conhecido como Canal da Galheta, entre o sul da ilha e o continente, sendo este a principal rota de entrada para o porto de Paranaguá. Na borda continental sul é observado um sistema de barras submersas que, com a maré baixa, dissipa a energia das ondas que penetram para o interior da baía (Borzzone *et al.*, 2003). As ondas no local da embocadura da baía apresentam amplitudes que variam de 0,5 a 2 m e períodos de 3 a 7 s (Lana *et al.*, 2001).

O complexo estuarino foi classificado como um estuário parcialmente misturado do tipo B e com heterogeneidade lateral (Knoppers *et al.*, 1987). Segundo Lana *et al.* (2001) a profundidade média é de 5,4 m, o volume total de aproximadamente 14.10⁹ m³ e o tempo de residência de 3,49 dias. Os valores médios de salinidade dentro da baía variam de 12 a 29 no verão e de 20 a 34 no inverno.

A Ilha do Mel é formada por duas regiões unidas por um delgado istmo. A porção sudeste é formada por vários morros interligados por planícies com cordões litorâneos e dunas, e a porção noroeste, mais extensa, é formada por um único morro e uma planície com cordões litorâneos. Seu relevo é de plano a fortemente ondulado, com altitudes que variam desde o nível do mar até os 150 metros. As áreas de planície são constituídas por um sistema de solo podzol, com variações, e nas áreas de morro, geralmente de relevo montanhoso e escarpado, ocorrem solos litólicos e cambissolos.

A parte ocidental da ilha é banhada pelas águas da baía, já a parte oriental é banhada pelo Oceano Atlântico e por isso apresentam comportamentos dinâmicos completamente diferentes.

A sua superfície tem aproximadamente 27 Km² (Figueiredo, 1954) e seu perímetro 36,5 Km, deste total, a maior parte (2585 ha.) é mantida como área de preservação ambiental. Na ilha estão localizadas duas unidades de conservação estaduais; a Estação Ecológica da Ilha do Mel, criada pelo Decreto nº 5.454 de 21/09/82, localizada na parte norte e com área de 2.240,69 ha, e o Parque Estadual da

Ilha do Mel, criado através do Decreto Estadual nº 5.506 de 21/03/2002, com área de 338,70 ha, situado na parte sul da ilha. As praias amostradas neste estudo estão localizadas na face sul da Ilha do Mel, e foram denominadas de Brasília (lat. 25° 31' 36,4" S; long. 048° 20' 35,7" W) e Coroazinha (lat. 25° 30' 40,9" S; long. 048° 22' 38,8" W). A Praia de Brasília está localizada próxima ao istmo (Figura 2), e frente à região denominada Saco do Limoeiro; a Praia de Coroazinha está situada na Ponta Oeste da ilha (Figura 3).

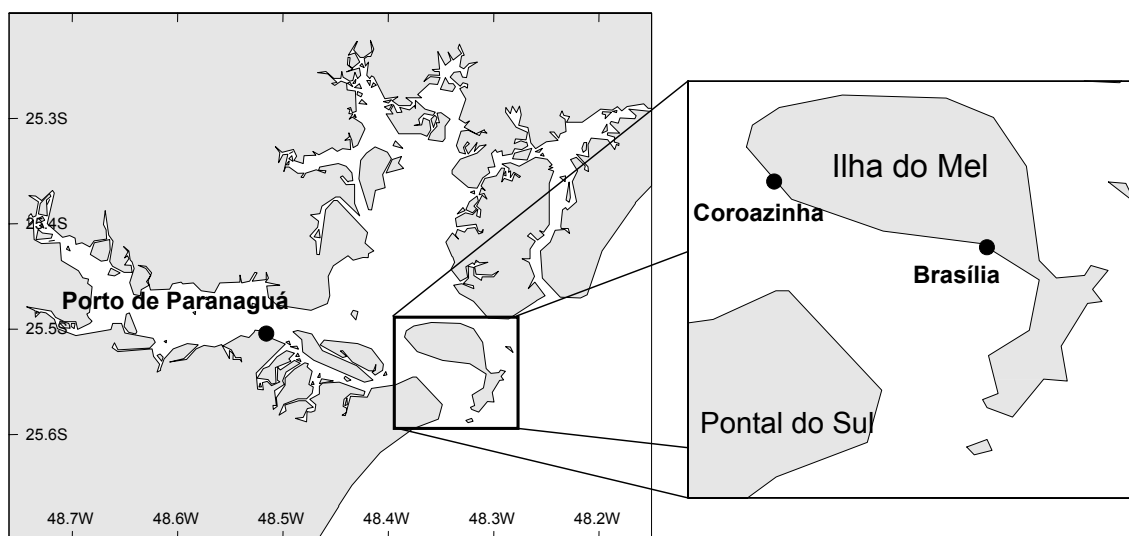


Figura 1. Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá com a localização do Porto de Paranaguá. Em detalhe as duas praias estudadas.

Em novembro de 2004, no terminal Cattalini do Porto de Paranaguá, ocorreu a explosão e afundamento do navio *Vicuña*, do armador Ultragas Sociedad Anónima, o qual carregava 11,2 mil toneladas de metanol. Além desta carga, o navio ainda transportava 1,24 mil toneladas de óleo combustível (*bunker*) (equivalente a 1265 mil litros), 150 toneladas de óleo diesel (equivalente a 173 mil litros) e 26 toneladas de óleos lubrificantes (equivalente a 29 mil litros) (IBAMA/IAP, 2005). No total, vazaram para as águas da Baía de Paranaguá, 291 mil litros de óleo diesel e lubrificantes. Foi liberada também uma quantidade de óleo Bunker C, ou óleo pesado residual número 6 como também é conhecido. Este apresenta alta viscosidade e uma amplitude de hidrocarbonetos com C9 até C36, além de conter 1,46% de enxofre, 89 mg/L de níquel e 73 mg/L de vanádio (CEM, 2005).

De acordo com laudos técnicos (CEM/UFPR, IBAMA/IAP), o derramamento de óleo contaminou as águas superficiais das Baías de Paranaguá, Antonina e Laranjeiras e as águas costeiras da plataforma continental. As áreas mais atingidas

estavam localizadas nas águas da Baía de Paranaguá: no entorno do navio, na Ilha da Cotinga e na Ilha do Mel. Além disso, a contaminação por óleo atingiu 170 Km da costa paranaense. Os ecossistemas mais atingidos pelo derrame, e com maior dificuldade de limpeza foram os manguezais. Foram afetadas cinco unidades de conservação, entre elas, o Parque Nacional do Superagüi, Estação Ecológica de Guaraqueçaba, Parque Estadual da Ilha do Mel (principalmente a região da Ponta Oeste), Estação Ecológica da Ilha do Mel e uma área indígena (Ilha da Cotinga). Outra consequência decorrente da contaminação pelo derramamento de óleo foi a proibição da pesca e qualquer outra atividade que implicasse contato com águas da baía, o que trouxe prejuízos diretos para as comunidades locais. A limpeza das praias arenosas da região seguiu a orientação da ATA nº 11 do dia 22 de novembro de 2004 (IBAMA/IAP, 2005), onde foi estabelecido que todas as praias afetadas pelo derramamento deveriam ser limpas manualmente, retirando as placas e materiais contaminados da areia com a utilização de pás, rastelos e peneiras. Estas atividades de limpeza foram intensivas após as primeiras semanas do acidente, se estendendo com menor intensidade até janeiro de 2005.

Após o derramamento de óleo na região, relatórios do IBAMA/IAP (2005) indicaram a Ponta Oeste da Ilha do Mel, local onde está localizada a praia da Coroazinha, como ponto de maior aporte de óleo da ilha, se espalhando dali para outras praias da ilha, incluindo a Praia de Brasília, local de menor concentração de óleo. De acordo com o relatório do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (2005), tanto a praia da Coroazinha quanto a de Brasília possuíam um grande potencial de retenção do óleo no substrato sedimentar, em função de apresentarem sedimentos constituídos praticamente em sua totalidade por areia fina, variando de bem selecionados a muito bem selecionados.



Figura 2. Praia de Brasília.



Figura 3. Praia de Coroazinha.

2.1. Metodologia de coleta

As coletas foram realizadas durante a maré baixa de sizígia, em duas situações: antes e depois do derramamento de óleo do navio *Vicuña*. As coletas pré-derramamento foram realizadas durante o verão (março) e o inverno (agosto) de 2004; as coletas após o derramamento (ocorrido em novembro de 2004) foram feitas em abril (verão) e agosto (inverno) de 2005 e abril (verão) e agosto (inverno) de 2006. Em cada uma das praias foram estabelecidos três transectos (réplicas) perpendiculares à linha d'água e separados entre si por 2 metros. Com o auxílio de uma mira topográfica e uma régua metrada, foram marcados 10 pontos com desníveis equidistantes em cada um dos transectos, desde a última linha de deposição de detritos de material orgânico (ponto 0) até o limite determinado pela linha de ressurgência da água intersticial (ponto 9).

Para a coleta do material, em cada ponto foi utilizado um amostrador cilíndrico com 0,05 m² de área, introduzido na areia a uma profundidade de 15 cm, de onde foram obtidas as amostras biológicas. Estas amostras foram então peneiradas "in situ" com uma rede de 0,5 mm de abertura de malha. Todos os organismos retidos nesta rede foram recolhidos e fixados em solução de formalina 10%.

Em um dos transectos e em cada um dos 10 pontos também foram coletadas amostras de sedimento para a realização de análises granulométricas e a obtenção do teor de umidade do sedimento. Para a obtenção dos valores de salinidade foram coletadas amostras de água que, em laboratório, foram analisadas com um refratômetro portátil.

2.2. Processamento e análise dos dados

Em laboratório, com o auxílio de um microscópio estereoscópico, os exemplares de *E. armata* foram separados, quantificados e preservados em formalina 10 % tamponado com bórax. O comprimento total de cada indivíduo foi medido da extremidade do rostro até o fim do telson (Dexter, 1977). Os machos foram identificados pela presença de um estilete no segundo pleópodo, que só foi registrado a partir de indivíduos com 3,75 mm de comprimento. Esta medida foi adotada como limite entre juvenis não identificados e adultos machos e fêmeas. Já as fêmeas não apresentam características sexuais aparentes (Dexter, 1977), entretanto foi observada e registrada na presença de marsúpio com ovos ou embriões como fêmeas ovígeras.

Os embriões foram contados, mensurados e classificados de acordo com Jones (1970); Klapow (1970); e Martinez e Defeo (2006), que os separam em quatro diferentes estágios de desenvolvimento: ovo (I), embrião começando a formar apêndices (II), embrião com cromatóforos e apêndices bem desenvolvidos (III), e pré-juvenil formado (IV).

As análises dos resultados obtidos neste estudo foram feitas em cada Praia de forma independente, avaliando assim o mesmo evento de derramamento, cujas exatas proporções não puderam ser determinadas, em dois locais diferentes da ilha. A abundância por metro linear (Ansell, *et al.*, 1972) foi calculada multiplicando o valor da densidade correspondente a um metro quadrado pelo comprimento da seção transversal amostrada, resultando em uma abundância correspondente a uma área de 1 metro de largura pelo comprimento total da praia amostrada. Uma análise de variância unifatorial (ANOVA) foi aplicada aos valores médios ($n = 3$) da abundância linear e da densidade por metro quadrado ($n = 3$) para as seis amostragens feitas ao longo dos três anos de coleta. Uma ANOVA unifatorial foi usada para avaliar a densidade de *E. armata*, dentro desta mesma variação temporal. Nos casos onde a ANOVA indicou valores significativos foi aplicado o teste a posteriori de Fisher LSD, sendo apresentado em cada um dos gráficos os agrupamentos homogêneos.

A partir das medições de comprimento foram construídos histogramas de freqüência considerando intervalo de classes de tamanho de 0,4 mm. Para identificar as variações nas relações entre comprimento de *E. armata* e peso seco individual foi feita uma regressão geométrica ($Y' = a X^b$), após uma transformação dos dados em \log_{10} . Os valores de inclinação da curva potencial (b) foram comparados utilizando um

teste t através da fórmula $t = \frac{b_1 - b_2}{s_{b_1 - b_2}}$, onde $s_{b_1 - b_2} = \sqrt{s_{b_1}^2 + s_{b_2}^2}$. Os dados do verão

foram comparados separadamente do inverno, já que a espécie apresentou comportamento diferente em cada estação. Para esta regressão não foram incluídos os dados de fêmeas ovígeras.

Gráficos de contorno foram construídos com os dados de abundância correspondente a cada ponto de coleta (30 pontos totais) utilizando o método Kriging de interpolação. Nestes gráficos foi possível analisar a distribuição espacial de *E. armata* nas praias e sua variação ao longo das amostragens.

A estrutura populacional foi analisada através de um histograma com valores percentuais de machos, fêmeas, fêmeas ovígeras e juvenis indeterminados, para cada amostragem. Uma ANOVA unifatorial para cada uma destas variáveis (machos, fêmeas, proporção macho/fêmea, fêmeas ovígeras, e juvenis indeterminados) foi aplicada aos valores percentuais por transecto ($n = 3$) para identificar diferenças significativas entre amostragens. Nos casos onde a ANOVA indicou valores significativos foi aplicado o teste a posteriori de Fisher LSD, sendo apresentado em cada um dos gráficos os agrupamentos homogêneos.

A variação na fecundidade, medida pelo peso seco de cada fêmea ovígera, pelo número total de ovos de cada fêmea ovígera, pela média da soma dos dois diâmetros dos ovos, e pelo peso seco dos ovos totais de cada fêmea, entre amostragens, foi analisada através de uma análise de covariância unifatorial (ANCOVA), tendo o comprimento da fêmea como co-variável. Foram escolhidas apenas as amostragens realizadas no inverno, época que mostrou uma maior atividade reprodutiva em relação ao verão. Nos casos onde a ANCOVA indicou valores significativos foi aplicado o teste a posteriori de Fisher LSD, sendo apresentado em cada um dos gráficos os agrupamentos homogêneos.

As amostras sedimentológicas foram processadas através de técnicas padrões de peneiramento de Suguio (1973), onde todos os dados obtidos foram computados de acordo com o Método dos Momentos de Tanner (1995), e os resultados expressos com valores de ϕ ("phi" = $-\log_2$ diâmetro mm).

3. Resultados

3.1. Características físicas das praias

Os dados abióticos obtidos para ambas as praias mostraram apenas pequenas variações ao longo dos anos de coleta. As salinidades da água do mar foram sempre levemente superiores no inverno do que no verão. Na Praia de Brasília a salinidade variou de 27 no verão de 2006 a 31 no inverno de 2005, e em Coroazinha o valor mínimo foi de 26 no verão de 2005 e o máximo de 32 no inverno de 2005.

A média do tamanho médio do grão foi classificada em ambas as praias como areia fina para todas as coletas realizadas, variando de $2,37 \Phi \pm 0,34$ a $2,69 \Phi \pm 0,10$ em Brasília e de $2,07 \Phi \pm 0,51$ a $2,44 \Phi \pm 0,07$ em Coroazinha.

A seleção do grão também não apresentou grande diferença entre os valores médios encontrados, sendo que na Praia de Brasília os valores foram entre $0,29 \pm 0,08$ a $0,57 \pm 0,28$, e na Coroazinha de $0,41 \pm 0,08$ a $0,50 \pm 0,19$, ambas as praias classificadas como sedimento muito bem selecionado.

A assimetria variou de $-0,66 \pm 0,71$ a $-0,44 \pm 0,61$ na Praia de Brasília, sendo classificada como uma assimetria negativa; na praia da Coroazinha os valores médios foram de $-0,77 \pm 0,35$ a $-0,03 \pm 0,80$, sendo também classificadas como assimetria negativa, com exceção do inverno de 2006, classificado como aproximadamente simétrico.

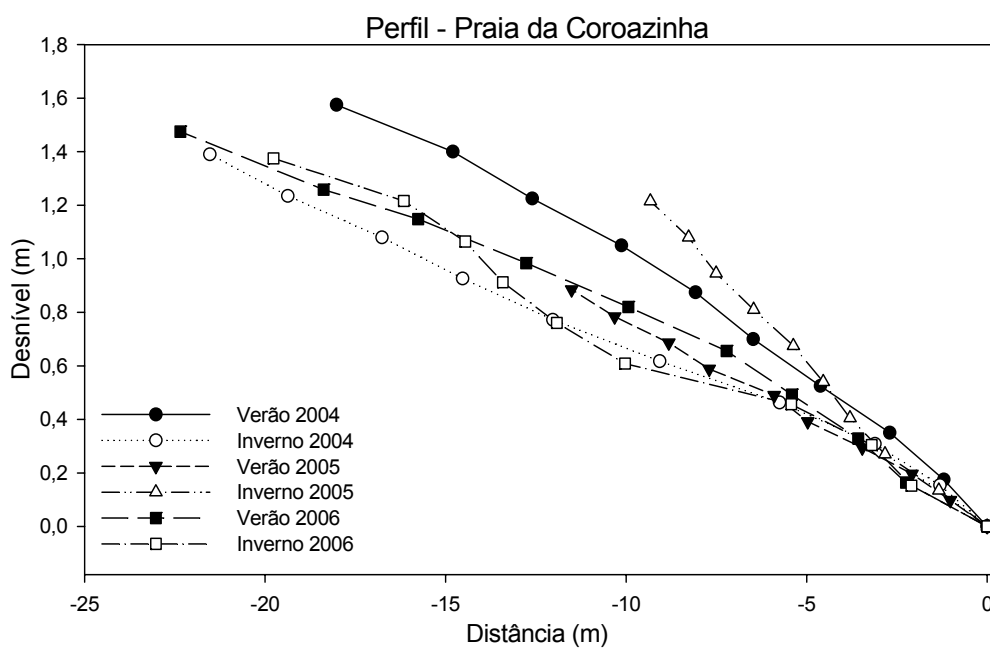
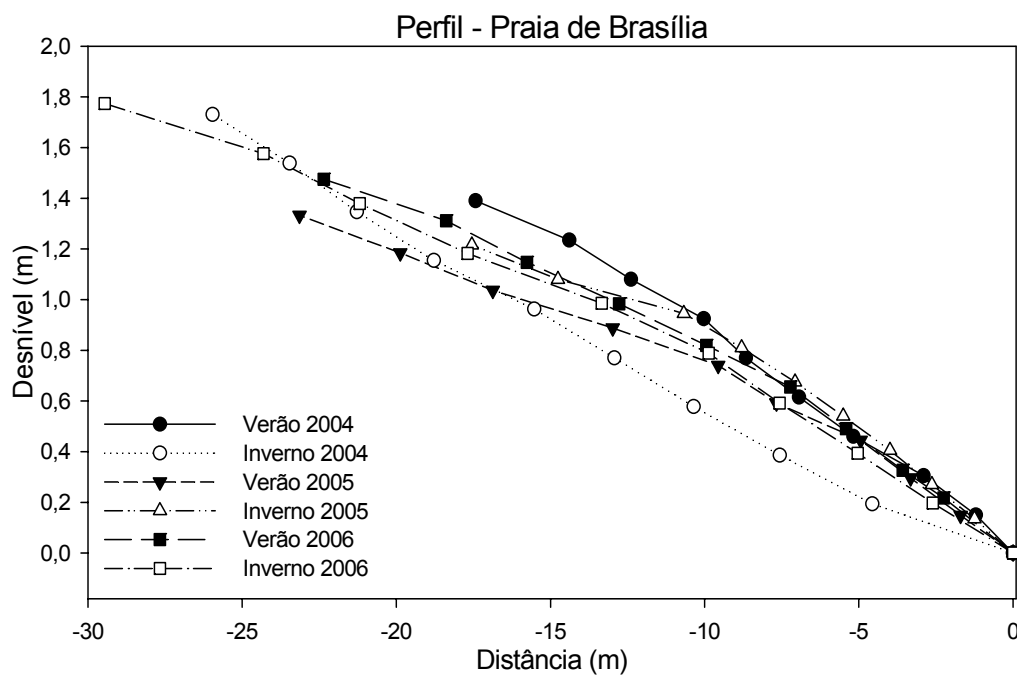
A Praia de Brasília apresentou uma curtose com valores médios entre $4,20 \pm 1,37$ e $7,98 \pm 10,03$, classificados como leptocúrtica, com exceção do verão de 2005, classificado como muito leptocúrtica; em Coroazinha os valores médios encontrados estiveram entre $3,46 \pm 0,98$ e $5,86 \pm 1,24$, classificados como leptocúrtica, com exceção do verão de 2004, classificado como mesocúrtica.

A umidade média do sedimento foi praticamente constante nas duas praias, variando de $14,94 \% \pm 4,18$ (verão 2004) a $17,77 \% \pm 1,65$ (verão 2005) em Brasília, e de $14,14 \% \pm 5,01$ (inverno 2005) a $18,73 \% \pm 4,59$ (verão 2006) em Coroazinha (Tabela 1).

Tabela 1. Dados de salinidade da água do mar, sedimento (valores médios e desvio padrão de 10 pontos amostrais) e declividade das praias da Ilha do Mel. Salinidade (Sal), Média do grão (Md), Desvio padrão (DP), Seleção (Sel), Assimetria (Assm), Curtose (Cur), Umidade em % (Umd) e a inclinação do perfil praias em metros (Perfil).

		Sal	Md Φ	DP	Sel	DP	Assm	DP	Cur	DP	Umd	DP	Perfil
Brasília	Verão 2004	29	2,37	0,34	0,57	0,28	-0,66	0,71	4,32	1,89	14,94	4,18	1/12,54
	Inverno 2004	30	2,58	0,09	0,39	0,07	-0,66	0,38	4,67	1,00	16,65	4,05	1/15,06
	Verão 2005	29	2,65	0,06	0,29	0,08	-0,48	1,01	7,98	10,03	17,77	1,65	1/17,37
	Inverno 2005	31	2,61	0,12	0,43	0,18	-0,58	0,62	4,29	2,04	15,32	4,88	1/14,44
	Verão 2006	27	2,69	0,10	0,36	0,05	-0,44	0,51	4,20	1,37	17,18	2,12	1/15,15
	Inverno 2006	30	2,68	0,12	0,42	0,08	-0,56	0,60	5,64	1,12	16,80	2,05	1/16,62
Coroazinha	Verão 2004	28	2,25	0,14	0,48	0,12	-0,44	0,41	3,46	0,98	16,11	5,60	1/11,44
	Inverno 2004	30	2,37	0,13	0,41	0,08	-0,49	0,43	3,98	0,80	16,99	1,22	1/15,49
	Verão 2005	26	2,07	0,51	0,50	0,19	-0,62	0,40	4,41	1,66	16,51	1,26	1/13,01
	Inverno 2005	32	2,36	0,14	0,48	0,16	-0,77	0,35	4,54	1,29	14,14	5,01	1/9,52
	Verão 2006	27	2,42	0,10	0,45	0,06	-0,76	0,57	4,70	2,02	18,73	4,59	1/11,32
	Inverno 2006	31	2,44	0,07	0,45	0,05	-0,03	0,80	5,86	1,24	15,63	4,35	1/14,38

As praias apresentaram perfis com diferentes inclinações entre elas e ao longo das coletas. A Praia de Brasília teve sua extensão de praia variando de 17,4 m no verão de 2004 a 29,5 m no inverno de 2006 (Figura 4). O perfil mais íngreme foi encontrado no verão de 2004 com uma inclinação de 1/12,54 m, e o menos íngreme de 1/17,37 m no verão de 2005 (Tabela 1). Em Coroazinha as mudanças na extensão e no perfil da praia foram maiores em relação a Brasília. A extensão da praia variou de 9,3 m no inverno de 2005 a 21,5 m no inverno de 2004 (Figura 5), e o perfil foi mais acentuado no inverno de 2005 (1/9,52 m) e menos acentuado no inverno de 2004 (1/15,49 m) (Tabela 1).



3.2. Parâmetros Biológicos

3.2.1. Praia de Brasília

3.2.1.1. Densidade e abundância

A densidade média de cada um dos transectos (A, B e C) resultou numa densidade média total que variou de $50,0 \pm 19,1$ indivíduos/m² no verão de 2004 até $177,3 \pm 40,8$ indivíduos/m² no inverno de 2006 (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade média (em indivíduos/m²) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006.

	Transecto A	Transecto B	Transecto C	Média	DP
verão 2004	70	32	48	50,0	19,1
inverno 2004	72	46	42	53,3	16,3
verão 2005	112	42	108	87,3	39,3
inverno 2005	234	164	100	166,0	67,0
verão 2006	112	42	86	80,0	35,4
inverno 2006	168	222	142	177,3	40,8

Uma ANOVA testou essa variação da densidade ao longo das coletas e foi encontrada uma diferença significativa ($F_{5, 12} = 5,8380$, $p = 0,00583$) para essa variação temporal, com picos significativos de densidade, indicados pelo teste Fisher LSD Post-hoc, nos invernos de 2005 e 2006 (Figura 6).

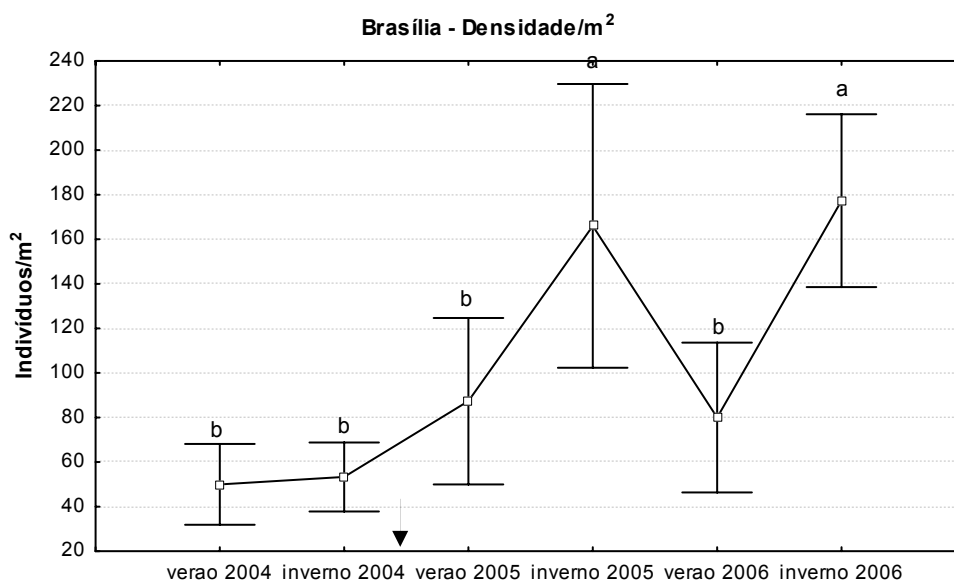


Figura 6. Densidade média (e desvio padrão \pm 95%) da Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

A abundância por metro linear de praia foi calculada para os 3 transectos amostrados, e o valor médio mínimo foi encontrado no verão de 2004 ($977,4 \pm 441,5$ indivíduos/m linear de praia) e o máximo no inverno de 2006 ($6512,7 \pm 1366,8$ indivíduos/m linear de praia) (Tabela 3).

Tabela 3. Abundância linear (indivíduos/m⁻¹) na praia da Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006.

	Transecto A	Transecto B	Transecto C	Média	DP
verão 2004	1458,8	591,3	882,2	977,4	441,5
inverno 2004	1853,9	1170,9	1117,1	1380,6	410,7
verão 2005	3430,8	1297,2	3466,3	2731,4	1242,2
inverno 2005	5299,3	3185,5	1845,4	3443,4	1741,3
verão 2006	3355,6	1116,3	2410,7	2294,2	1124,2
inverno 2006	6150,4	8024,1	5363,5	6512,7	1366,8

A ANOVA feita para testar a variação da abundância linear apresentou diferenças significativas ($F_{5, 12} = 8,8077$, $p = 0,00104$). O teste indicou um pico significativo de abundância linear no inverno de 2006, com mais de 6500 indivíduos/m linear de praia amostrada (Figura 7).

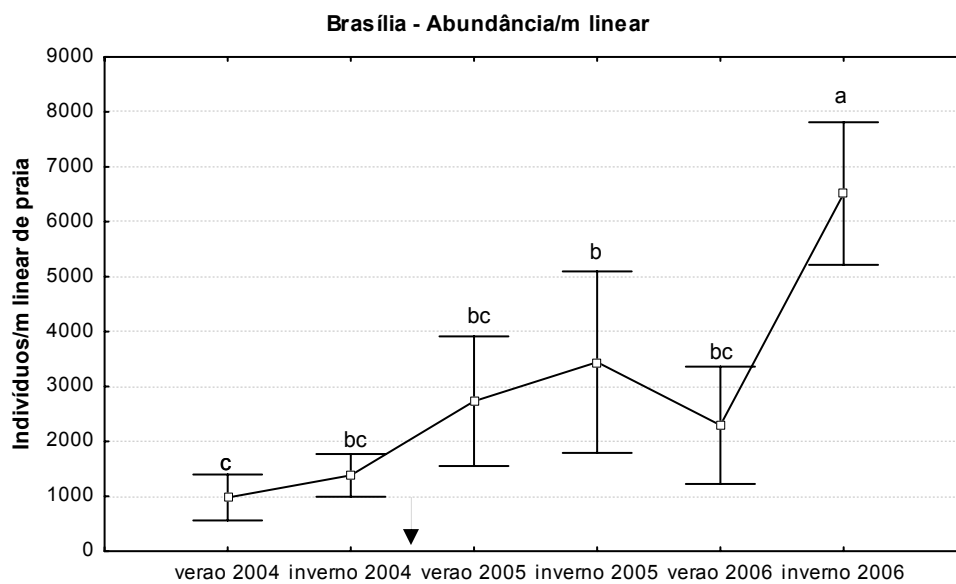


Figura 7. Abundância linear (e desvio padrão $\pm 95\%$) da praia em Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

3.2.1.2. Classes de Tamanho e Morfometria

Na Praia de Brasília foram coletados no total 921 indivíduos entre o verão de 2004 e o inverno de 2006. O maior indivíduo coletado nesta praia foi uma fêmea que apresentou um comprimento de 9,40 mm. A maior fêmea ovígera coletada teve um comprimento de 8,69 mm e a menor de 4,06 mm.

No histograma feito para classes de tamanho, pode-se observar no ano de 2004, um predomínio de indivíduos da classe 3,40 (3,20 a 3,59 mm) e da classe 3,80 (3,60 a 3,99) no verão, composta principalmente por juvenis, e das classes 4,20 (4,00 a 4,39 mm), 4,60 (4,40 a 4,79 mm) e 5,00 (4,80 a 5,19 mm) no inverno (Figura 8). No primeiro ano após o derramamento, em 2005, durante o verão, o domínio no número de indivíduos foi de juvenis, com mais de 20% da população pertencente a classe 2,60 (2,40 a 2,79 mm), já durante o inverno o maior número de indivíduos foi pertencente às classes 4,20, 4,60 e 5,00, porém em uma maior quantidade que no ano anterior (Figura 9). No ano seguinte, em 2006, o maior número de indivíduos coletados era pertencente às classes de juvenis 3,00 e 3,40. No inverno do mesmo ano as classes que predominaram foram da 3,40 a 5,40, em valores ainda superiores aos de 2005 (Figura 10). Em nenhuma das coletas foi registrada a presença de indivíduos da classe 1,80. Foi possível observar uma redução dos indivíduos pertencentes as maiores classes de tamanho nos anos após o derramamento.

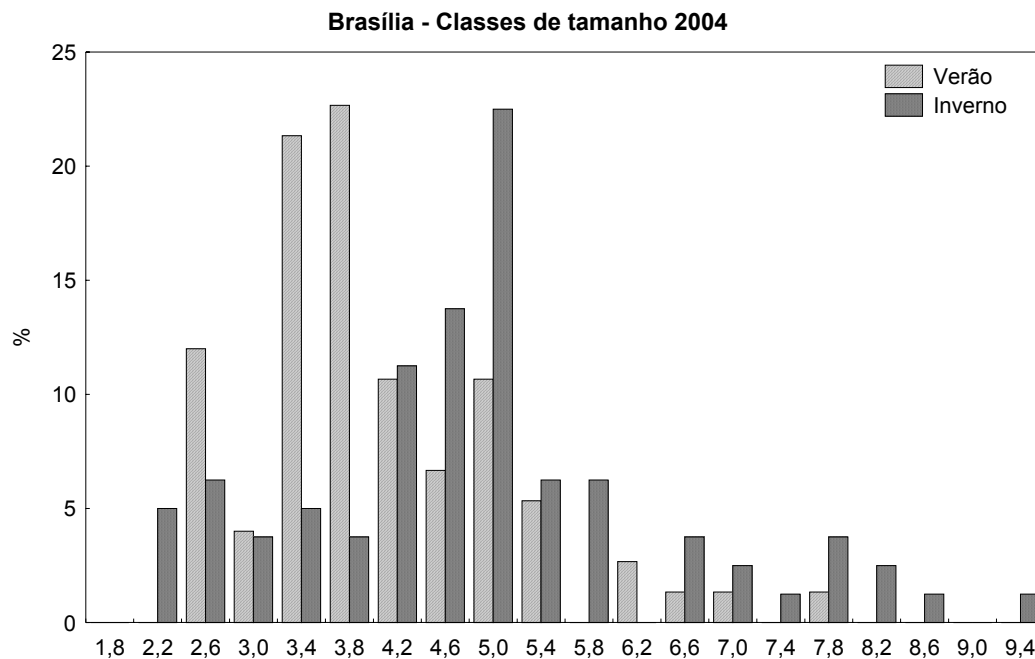


Figura 8. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2004, na Praia de Brasília.

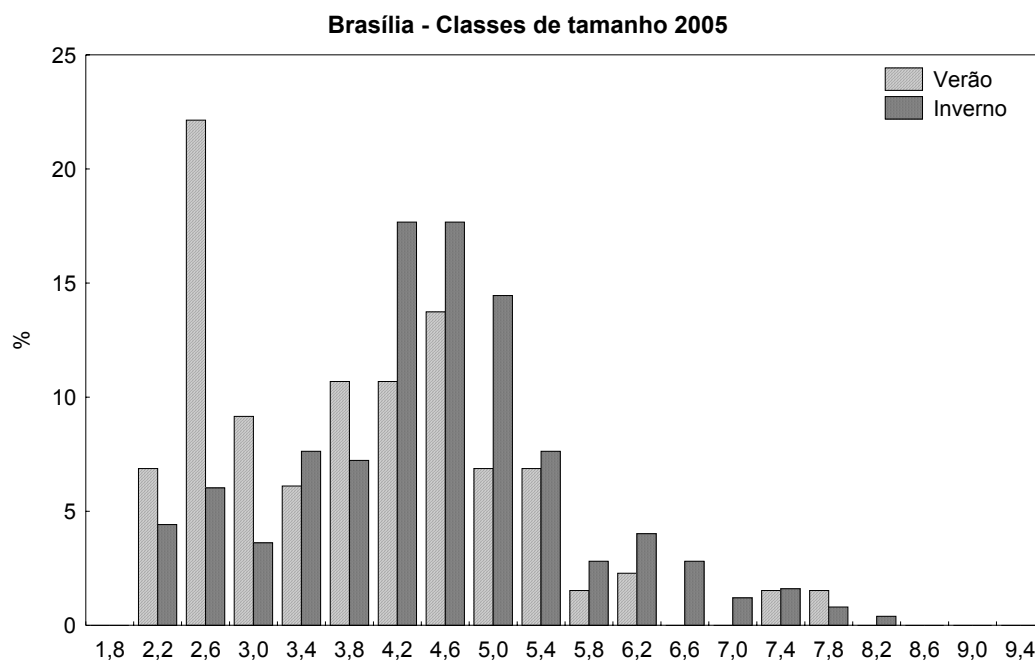


Figura 9. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2005, na Praia de Brasília.

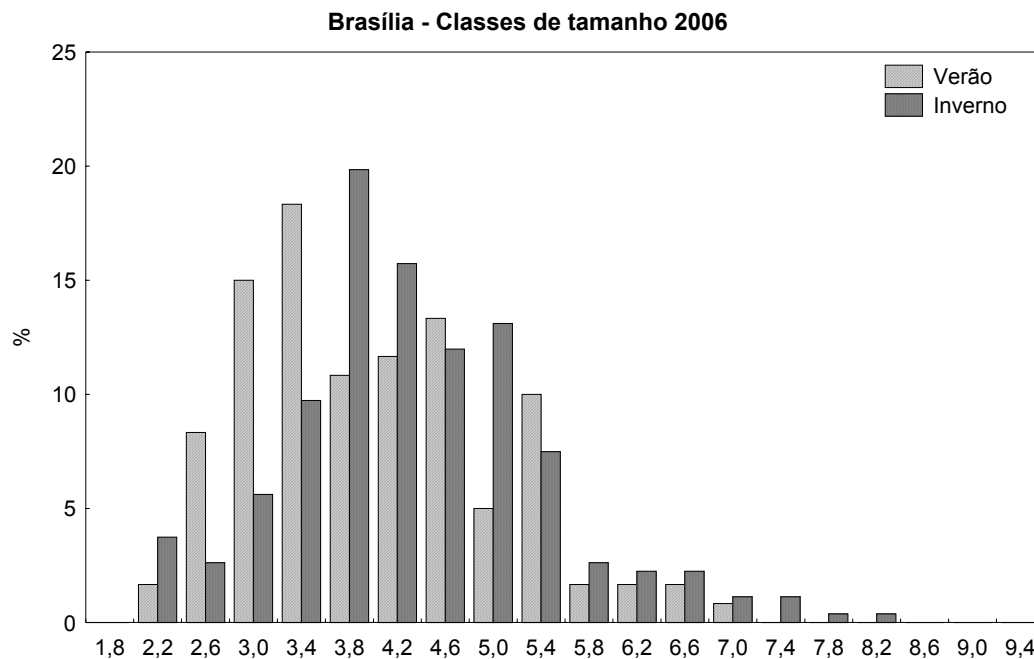


Figura 10. Distribuição de freqüência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2006, na Praia de Brasília.

A regressão geométrica estabelecida para a relação entre comprimento e peso seco individual resultou em valores de b menores que 3, com exceção do verão de 2006, onde o valor foi de 4,1057 (Tabela 4 e Figura 11). Valores menores que 3 sugerem que os indivíduos invistam mais no comprimento corpóreo, já valores superiores a 3 sugerem um maior investimento na biomassa.

Tabela 4. Resultados da regressão estabelecida para relação comprimento e peso seco de *E. armata* na Praia de Brasília.

	Verão 04	Inverno 04	Verão 05	Inverno 05	Verão 06	Inverno 06
Amostras (n)	16	17	20	42	18	42
Interseção (a)	0,00001	0,00001	0,00001	0,0001	0,00001	0,0001
Coef. regressão (b)	1,5954	2,2769	2,1622	2,1316	4,1057	1,9169
EP Coef. b (s)	0,4972	0,3144	0,1915	0,1481	0,4939	0,1171
R ²	64,64%	77,74%	87,63%	83,84%	81,12%	87,03%
Média (X)	4,5338	4,6467	4,3427	4,5634	4,1080	4,6417
Média (Y)	0,0009	0,0011	0,0009	0,0014	0,0009	0,0016
GL	14	15	18	40	16	40
p	0,0002	p < 0,00001	p < 0,00001	p < 0,00001	p < 0,00001	p < 0,00001

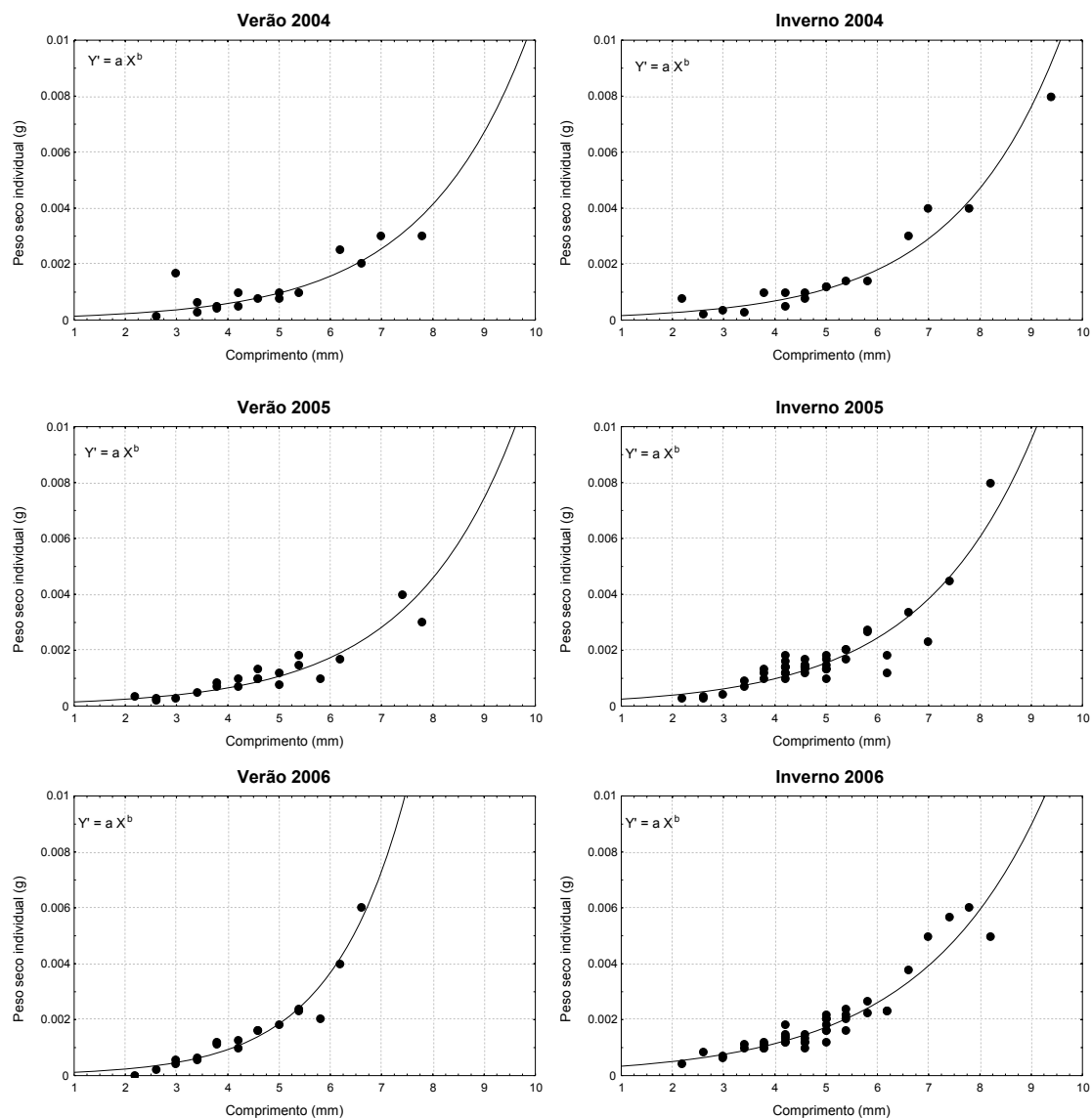


Figura 11. Relação entre o comprimento e o peso seco individual na Praia de Brasília.

O resultado do teste t apresentou valores estatisticamente significativos para as comparações entre as curvas de regressão apenas para as coletas envolvendo o verão de 2006. Para todas as outras curvas o teste t indicou valores não significativos. (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado do teste t para a comparação entre as curvas de regressão (coef .b) na Praia de Brasília. Os valores significativos estão em negrito.

	V04	I04	V05	I05	V06	I06
V04		1,158	1,064	1,034	3,582	0,629
I04	1,158		0,312	0,418	4,113	1,073
V05	1,064	0,312		0,126	3,669	1,093
I05	1,034	0,418	0,126		5,680	1,137
V06	3,582	4,113	3,669	5,680		6,524
I06	0,629	1,073	1,093	1,137	6,524	

3.2.1.3. Distribuição Espacial

A distribuição espacial de *E. armata* na Praia de Brasília foi analisada por meio de gráficos de contorno, levando em conta a densidade/m² ao longo do perfil praiial (da linha de detritos na parte superior do gráfico, até a linha d'água na parte inferior). A distribuição espacial observada para os adultos foi diferente, em praticamente todas as coletas, em relação à distribuição de juvenis. A maior densidade de adultos foi localizada sempre próxima a linha de detrito, na região superior da praia; os juvenis também apresentam uma grande densidade próxima à linha de detrito, porém são mais abundantes em regiões mais próximas a linha d'água.

No verão do ano de 2004 a maior concentração das *E. armata*, tanto de adultos quanto de juvenis, estava a alguns metros da linha de detritos, já no inverno do mesmo ano pode se observar uma migração dos indivíduos para uma parte mais inferior da praia (Figura 12).

No ano de 2005, durante o verão, foi identificado um padrão similar ao do verão anterior, com uma maior densidade de adultos registrada alguns metros abaixo da linha de detritos, e a maior densidade de juvenis pouco abaixo dos adultos, entretanto no inverno de 2005 a distribuição não seguiu o padrão do inverno anterior. Os adultos foram encontrados em maior número na região superior, porém vários indivíduos foram coletados em pontos mais inferiores, próximos a linha d'água, assim como os juvenis, que apresentaram uma maior concentração na região inferior da praia (Figura 13).

No verão de 2006 o padrão de relação entre adultos e juvenis se manteve, sendo que a região intermediária/inferior da praia apresentou mais abundância de juvenis. No inverno a maior densidade, tanto de juvenis, quanto de adultos, foi vista próxima à linha de detritos, mas com uma outra concentração de indivíduos próxima a linha d'água. (Figura 14).

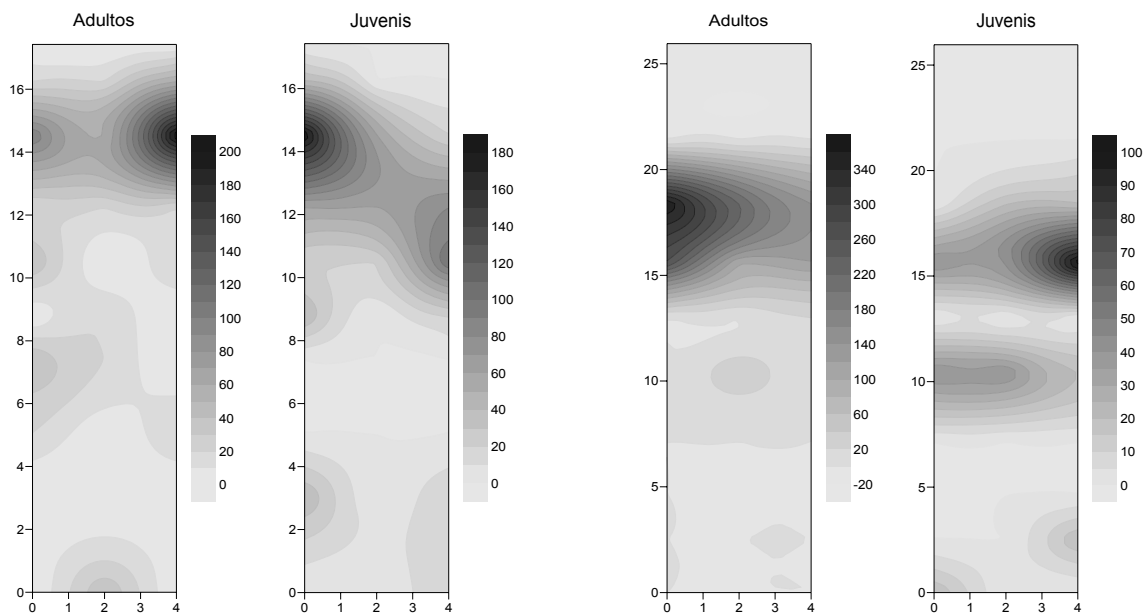


Figura 12. Distribuição espacial de *E. armata* no ano de 2004 na Praia de Brasília. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m².

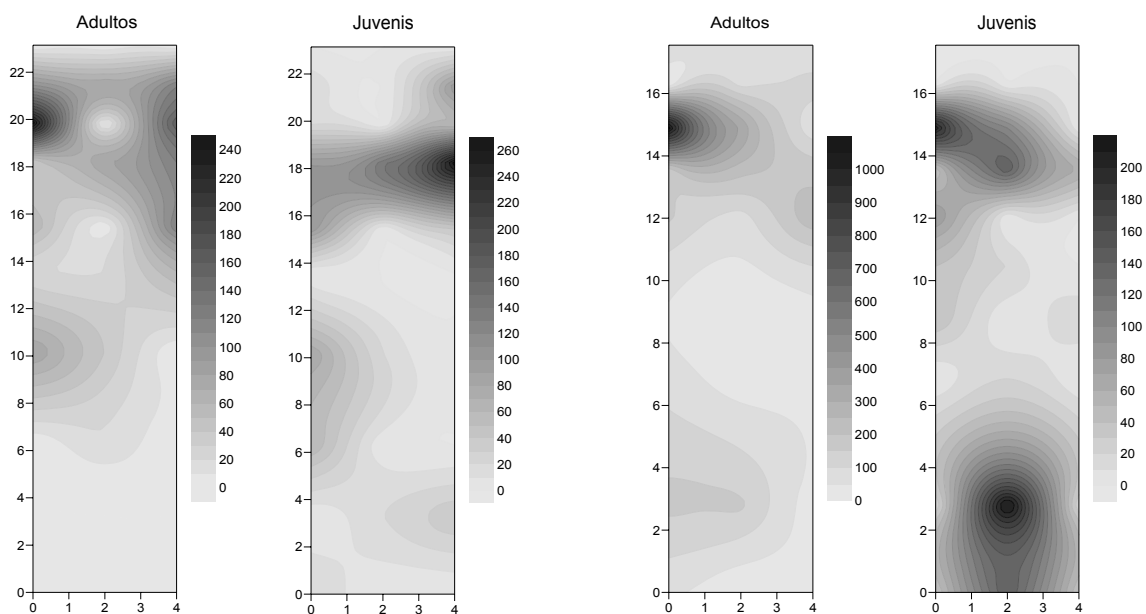


Figura 13. Distribuição espacial de *E. armata* no ano de 2005 na Praia de Brasília. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m².

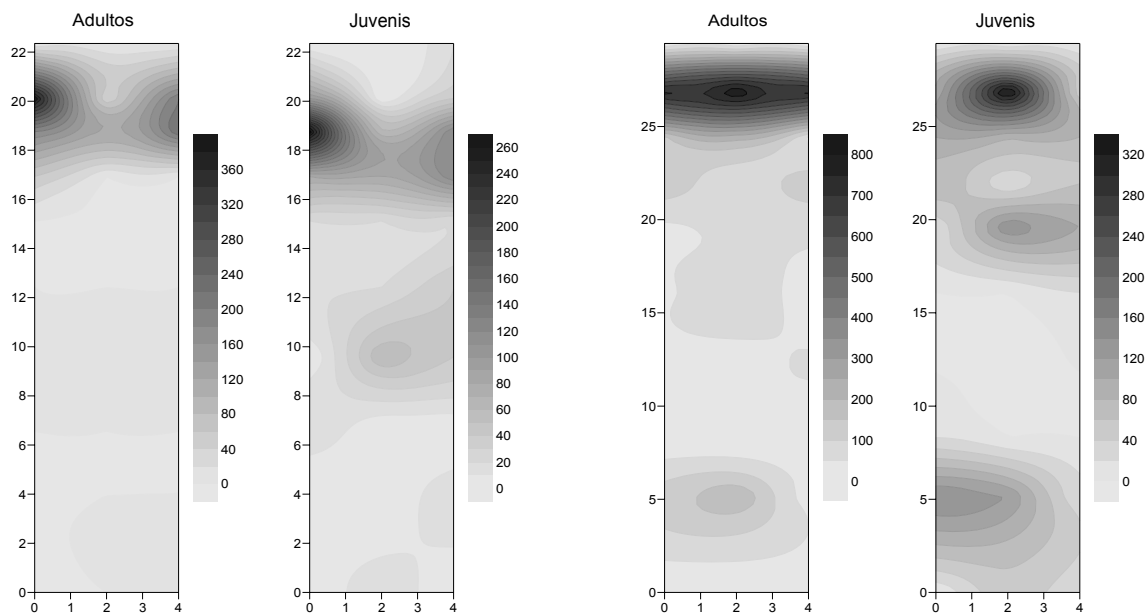


Figura 14. Distribuição espacial de *E. armata* no ano de 2006 na Praia de Brasília. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m².

3.2.1.4. Estrutura Populacional

A estrutura populacional mostrou que a porcentagem de juvenis foi maior durante os verões, chegando a 50% dos indivíduos coletados em cada verão, entretanto os machos apresentaram um comportamento inverso, sendo maior durante os invernos, com valores sempre acima dos 30%. A porcentagem de fêmeas se manteve relativamente constante ao longo dos anos, porém as fêmeas ovígeras não foram encontradas no verão de 2004, e nos verões de 2005 e 2006 os valores percentuais foram baixos, sendo estas fêmeas ovígeras mais comumente encontradas nos invernos (Figura 15).

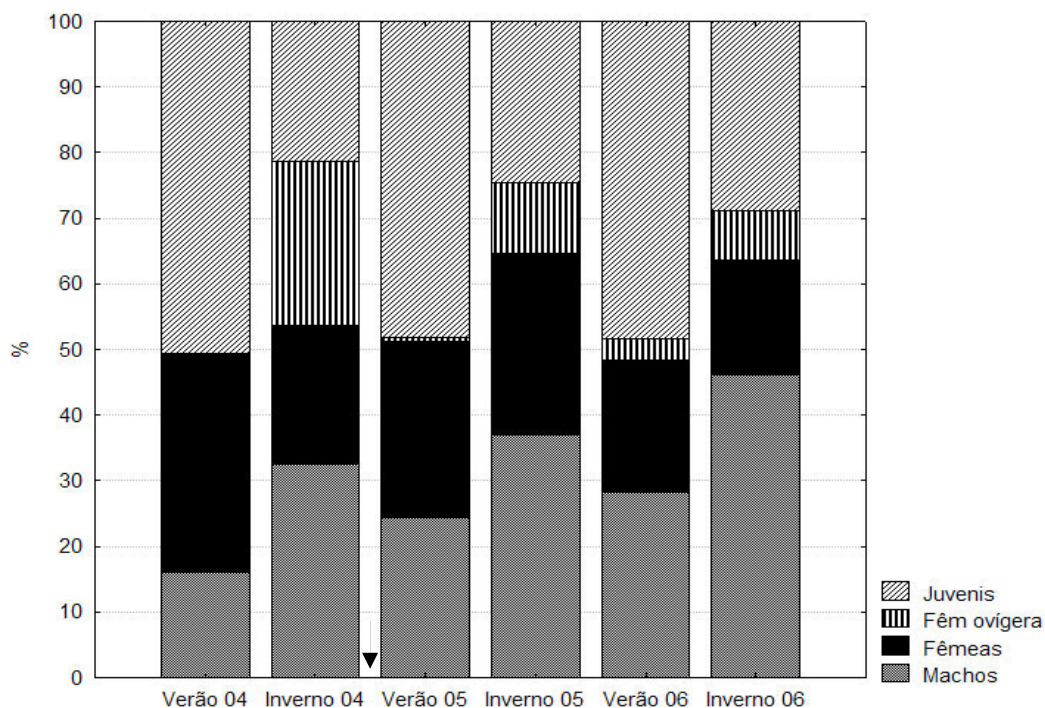


Figura 15. Histograma da estrutura populacional (em %) da Praia de Brasília, representando os juvenis, fêmeas ovígeras, fêmeas e machos entre o verão de 2004 e o inverno de 2006.

Uma ANOVA testou a variação no número de machos de *E. armata* ao longo dos três anos e foi encontrada uma diferença significativa ao longo das amostragens ($F_{5, 12} = 9,1887$, $p = 0,00086$) com picos significativos indicados por teste a posteriori nos invernos de 2005 e 2006 (Figura 16).

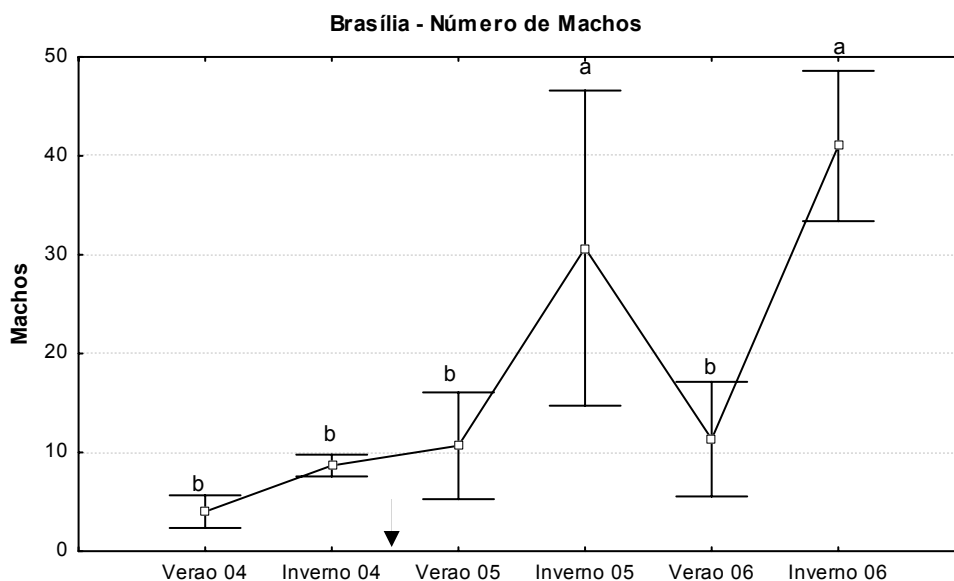


Figura 16. Número de machos coletados (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

No caso das fêmeas, o padrão de variação da abundância foi similar ao de machos, no entanto a ANOVA não indicou que estas diferenças sejam significativas ($F_{5, 12} = 2,8787$, $p = 0,06194$). (Figura 17).

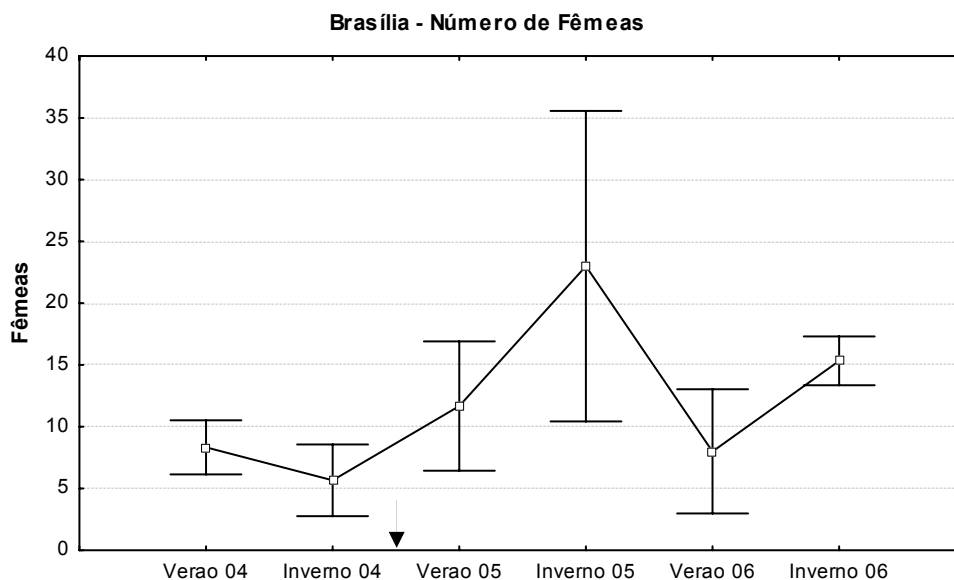


Figura 17. Número de fêmeas coletadas (e desvio padrão $\pm 95\%$) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

Por outro lado, o número de fêmeas ovígeras apresentou diferenças significativas ($F_{5, 12} = 8,43711$, $p = 0,00126$), com valores máximos nos invernos e mínimos nos verões. O teste a posteriori mostrou que essa diferença entre os verões e

os invernos é significativa. Durante o verão de 2004 não foi observada a presença de fêmeas ovígeras (Figura 18).

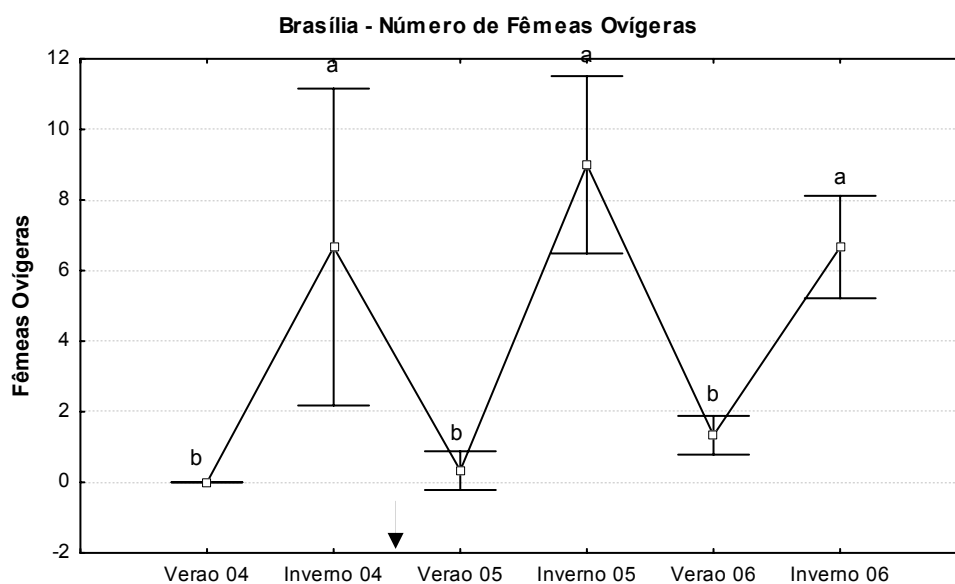


Figura 18. Número de fêmeas ovígeras coletadas (e desvio padrão \pm 95%) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

A proporção machos/fêmeas teve uma variação significativa ($F_{5, 12} = 4,6565$, $p = 0,01355$). O teste a posteriori indicou uma diferença entre os anos de 2004 e 2005, com o ano de 2006. O primeiro grupo teve o predomínio de fêmeas (valores < 1), e no ano de 2006, um predomínio de machos (valores > 1) (Figura 19).

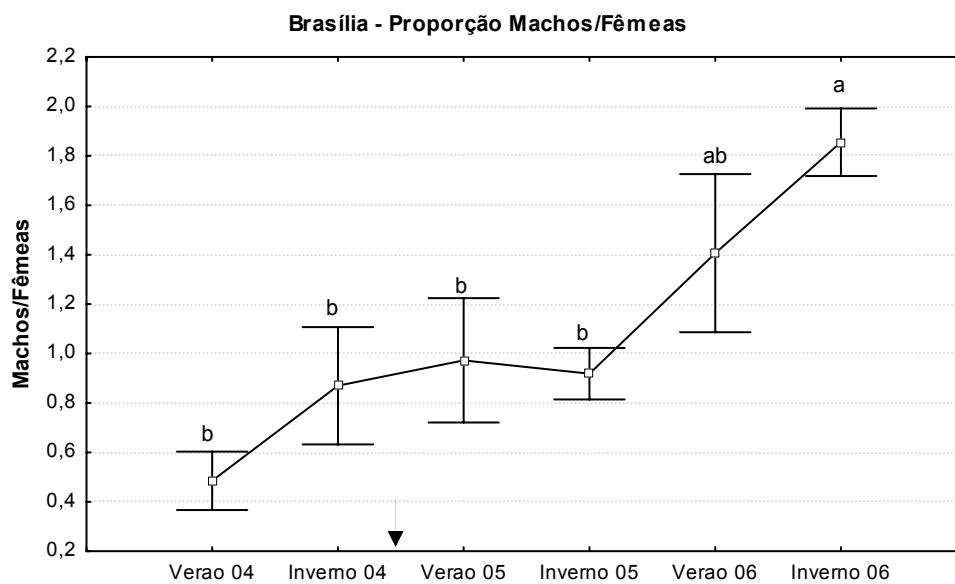


Figura 19. Proporção entre machos e fêmeas coletados (e desvio padrão \pm 95%) na Praia de Brasília entre o verão de 2004 e o inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

Finalmente, os juvenis não apresentaram diferenças significativas para o número de indivíduos coletados ao longo destes três anos ($F_{5, 12} = 1,8690$, $p = 0,17379$). (Figura 20). A tabela 6 traz um resumo dos resultados das ANOVA unifatoriais da seção 3.2.1.4.

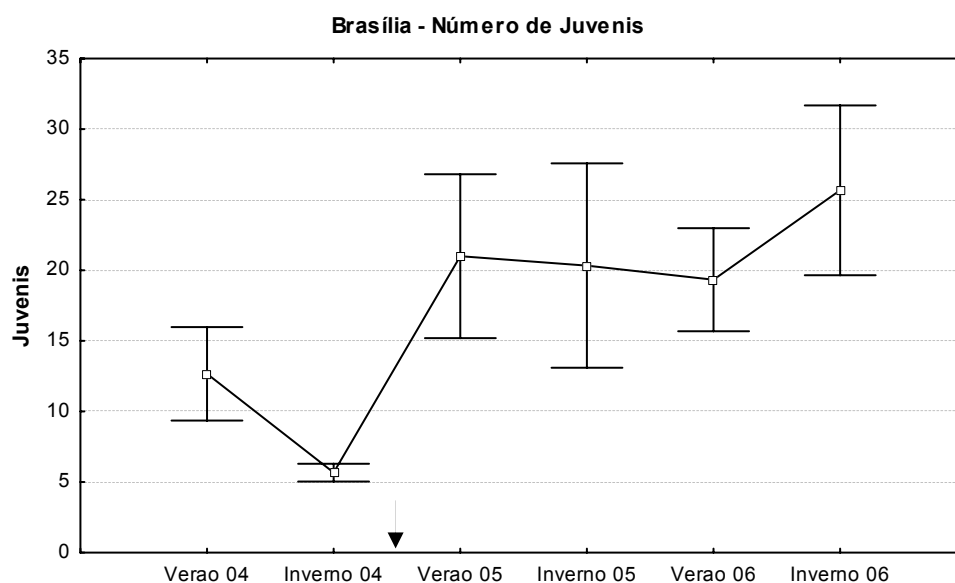


Figura 20. Número de juvenis coletados (e desvio padrão \pm 95%) na Praia de Brasília do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

Tabela 6. Resumo dos resultados da ANOVA unifatorial da estrutura populacional da Praia de Brasília.

Valores significativos estão marcados com *.

	GL	F	p
Número de machos	5	9,189	0,00086*
Número de fêmeas	5	2,879	0,06194
Número de fêmeas ovígeras	5	8,437	0,00126*
Proporção macho/fêmea	5	4,657	0,01355*
Número de juvenis	5	1,869	0,17379

3.2.1.5. Fecundidade das Fêmeas Ovíferas

O tamanho médio das fêmeas ovíferas analisadas foi de 5,50 mm de comprimento. Não houve diferenças significativas em relação ao peso seco das fêmeas ovíferas entre as diferentes coletas ($F_{2, 63} = 0,61399$, $p = 0,54440$) (Figura 21). Já o peso seco do total da massa ovígera de cada fêmea mostrou diferenças significativas, ($F_{2, 63} = 22,336$, $p < 0,00001$), existindo um aumento significativo da média do peso seco dos ovos do inverno de 2004 ao inverno de 2006 (Figura 22). A análise de variância indicou valores significativos também para o peso seco individual de cada ovo de *E. armata* ($F_{2, 63} = 24,382$, $p < 0,00001$), com um aumento significativo, comprovado pelo teste a posteriori, no ano de 2006 (Figura 23).

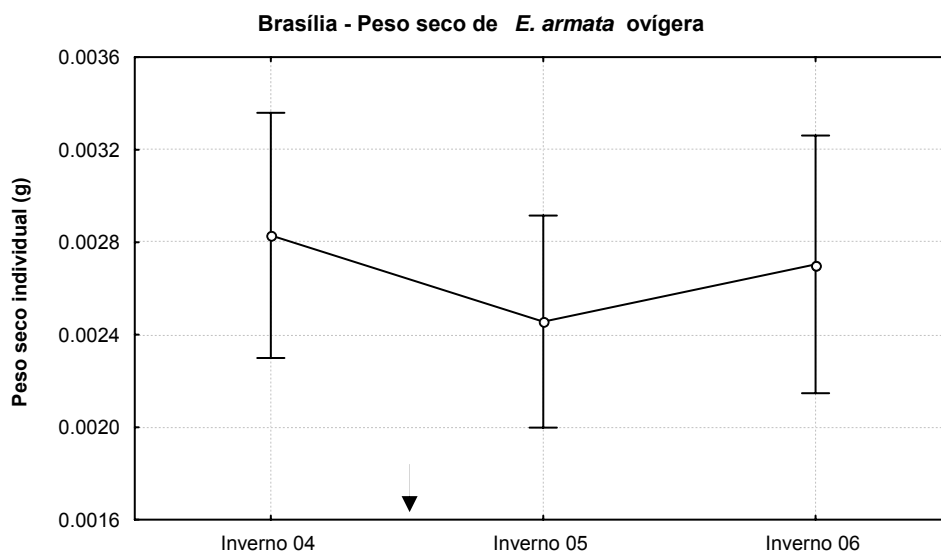


Figura 21. Peso seco de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

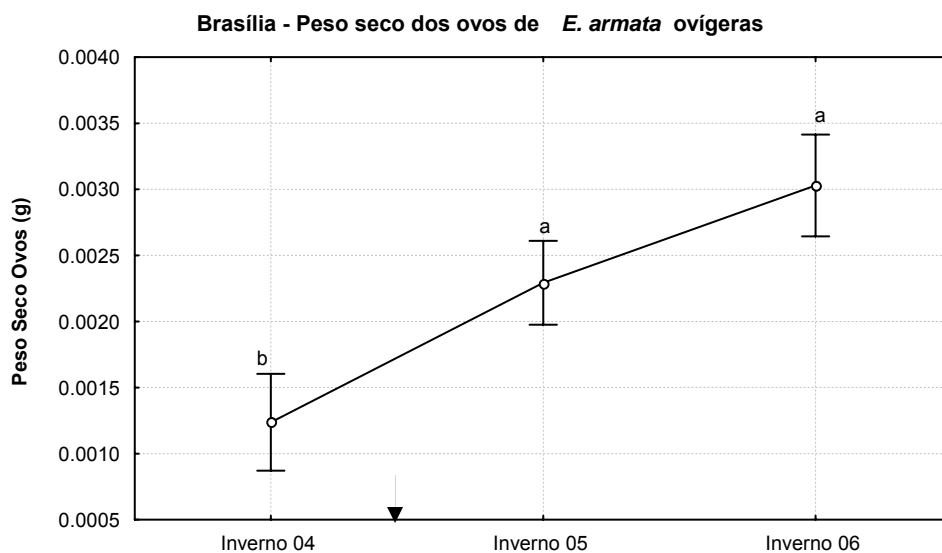


Figura 22. Peso seco dos ovos totais de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.

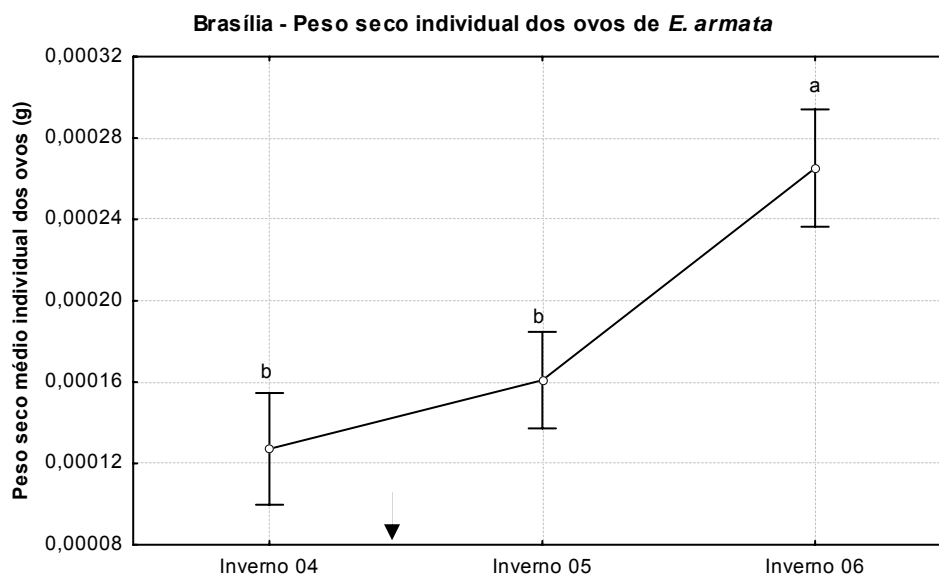


Figura 23. Peso seco individual dos ovos de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos

Assim como o número de ovos de cada fêmea ovígera da Praia de Brasília mostrou diferenças significativas ($F_{2, 63} = 6,3264$, $p = 0,00313$). O menor valor foi observado no inverno de 2004 com média de $10,55 \pm 1,63$ ovos por fêmea ovígera, este valor aumentou para uma média de $14,35 \pm 1,41$ ovos no inverno de 2005 (Figura 24).

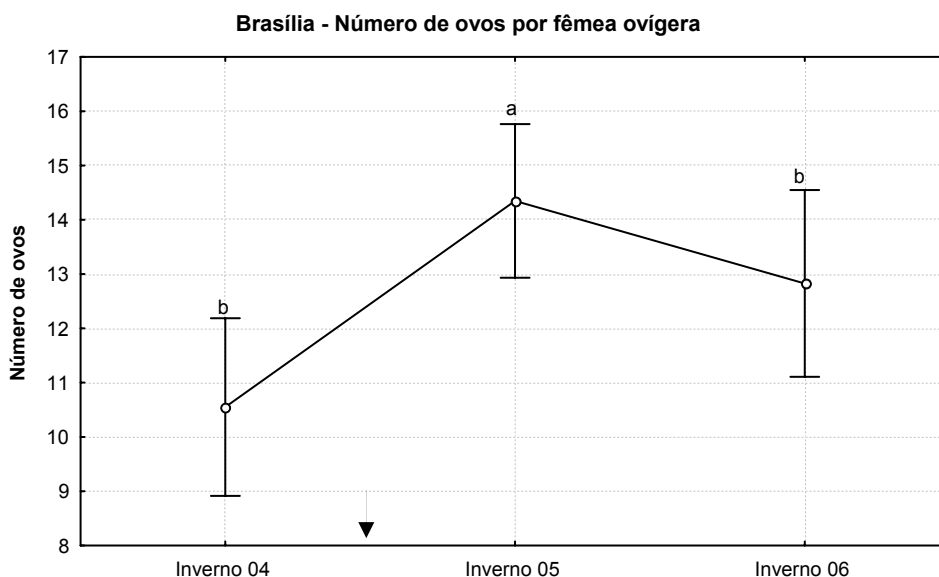


Figura 24. Número de ovos por fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.

Quanto ao tamanho dos ovos, o teste de ANCOVA também indicou diferenças significativas ($F_{2, 63} = 27,778$, $p < 0,00001$) para esta variável. Os resultados mostram uma redução do tamanho de ovo entre os anos de 2004 e 2005 (Figura 25). A tabela 7 mostra um resumo das ANOVA unifatoriais da seção 3.2.1.4.

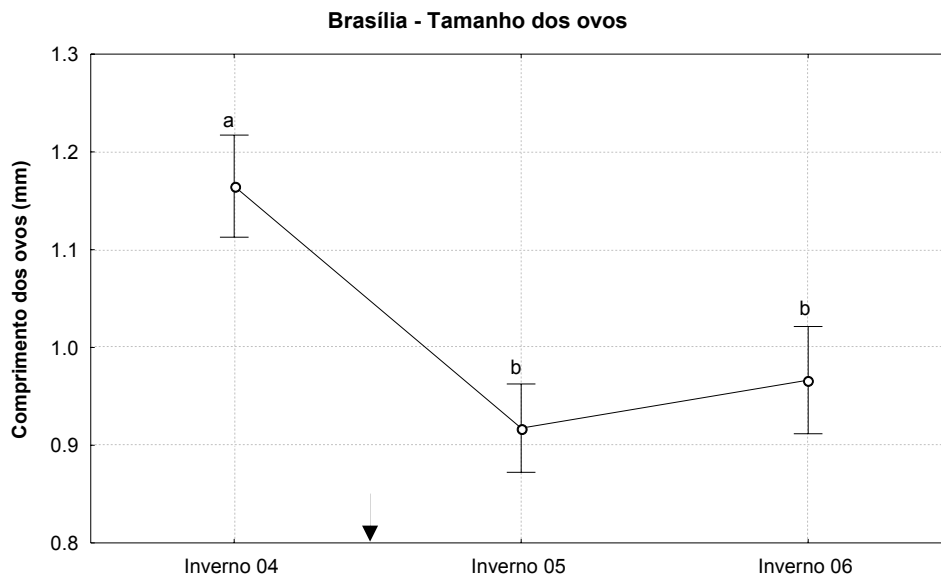


Figura 25. Tamanho dos ovos das fêmeas ovígeras (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Brasília nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.

Tabela 7. Resumo dos resultados da ANOVA unifatorial de fecundidade das fêmeas ovígeras da Praia de Brasília. Valores significativos estão marcados com *.

	GL	F	p
Peso seco de <i>E. armata</i> ovígera	2	0,614	0,54440
Peso seco dos ovos de <i>E. armata</i> ovígera	2	22,336	< 0,00001*
Número de ovos por fêmea ovígera	2	6,326	0,00313*
Tamanho dos ovos	2	27,778	< 0,00001*

3.2.2. Praia de Coroazinha

3.2.2.1. Densidade e abundância

A densidade (número médio de indivíduos/m²) de *E. armata* na Praia de Coroazinha foi maior durante o ano de 2005, tanto no verão quanto no inverno, alcançando pico máximo significativo registrado de $402,7 \pm 4,2$ indivíduos/m² (Tabela 8 e Figura 26). Uma ANOVA testou a variação da densidade/m² e foi constatado um p estatisticamente significativo ($F_{5, 12} = 49,523$, $p < 0,00001$).

Tabela 8. Densidade média (em indivíduos/m²) na Praia de Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006.

	Transecto A	Transecto B	Transecto C	Média	DP
verão 2004	138	180	190	169,3	27,6
inverno 2004	148	130	176	151,3	23,2
verão 2005	212	196	232	213,3	18,0
inverno 2005	404	398	406	402,7	4,2
verão 2006	182	150	144	158,7	20,4
inverno 2006	184	184	120	162,7	37,0

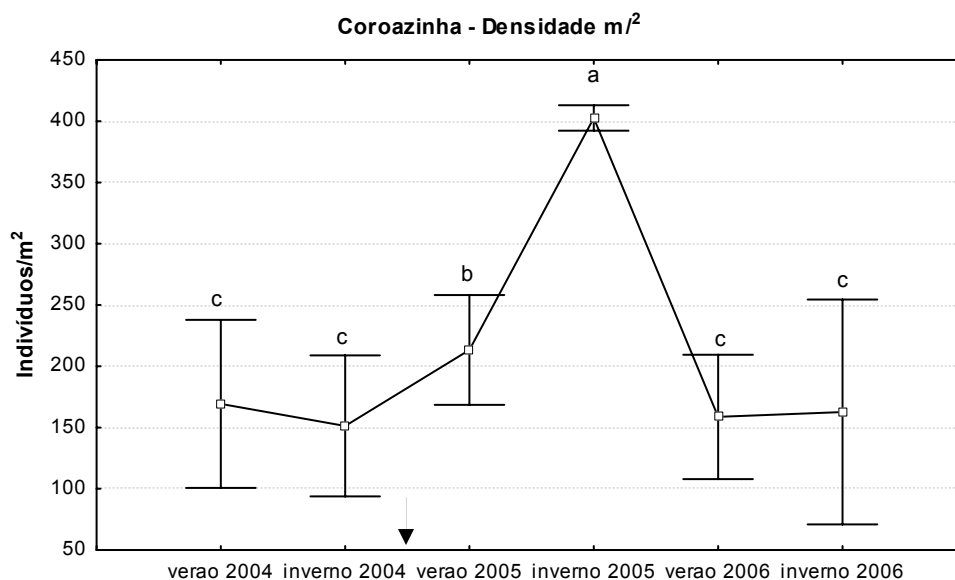


Figura 26. Densidade média (e desvio padrão \pm 95%) da Praia de Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

A abundância/m linear de praia está representada na Tabela 9, sendo que o maior valor foi encontrado no ano de 2005, durante o inverno, com $4213,2 \pm 66,1$ indivíduos/m linear de praia, e a menor abundância encontrada foi no verão deste mesmo ano, onde foi registrado $1994,1 \pm 325,2$ indivíduos/m linear de praia (Tabela 9 e Figura 27). O teste de ANOVA apresentou um valor de $p < 0,05$ ($F_{5, 12} = 7,7859$, $p = 0,00179$) devido as variações máximas e mínima, nos verões de 2005 e 2006 e inverno de 2005 respectivamente.

Tabela 9. Abundância linear (indivíduos/m⁻¹) na praia da Corozinha do verão de 2004 ao inverno de 2006.

	Transecto A	Transecto B	Transecto C	Média	DP
verão 2004	3011,8	3771,0	4145,4	3642,7	577,6
inverno 2004	3659,8	3216,6	4349,1	3741,8	570,7
verão 2005	2141,9	1621,2	2219,1	1994,1	325,2
inverno 2005	4275,3	4143,7	4220,6	4213,2	66,1
verão 2006	2985,1	2366,0	2200,8	2517,3	413,5
inverno 2006	3587,7	3583,6	2187,6	3119,6	807,2

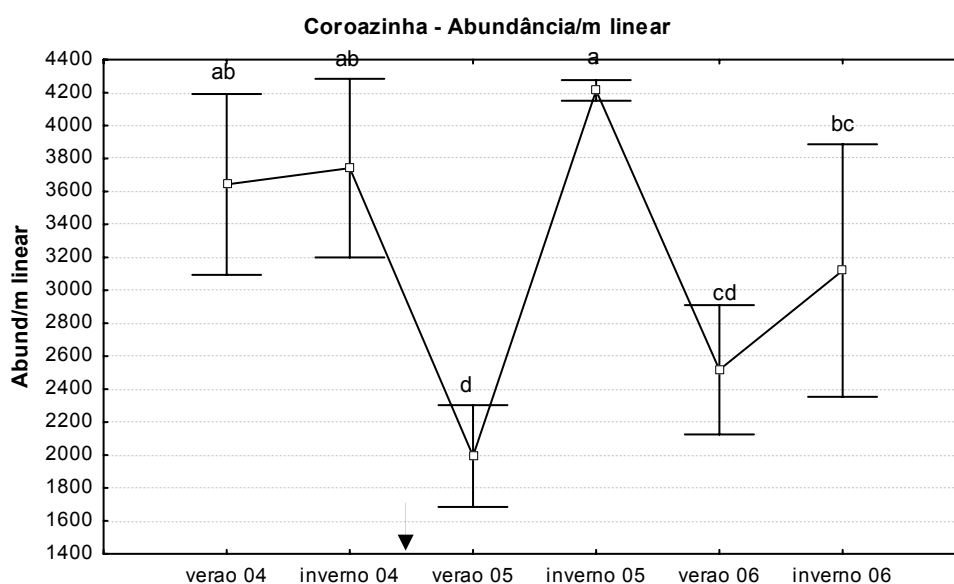


Figura 27. Abundância/m linear de praia (e desvio padrão $\pm 95\%$) em Corozinha, do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

3.2.2.2. Classes de Tamanho e Morfometria

Nesta praia, foram coletados, no total, 1887 indivíduos, entre machos, fêmeas, fêmeas ovígeras e juvenis, durante os anos de 2004 a 2006. O maior indivíduo coletado foi uma fêmea de comprimento de corpo de 8,75 mm. A maior fêmea ovígera teve 8,65 mm de comprimento, e a menor 4,16 mm.

Na distribuição das classes de tamanho podemos notar um evidente domínio dos indivíduos juvenis, das classes 1,80, 2,20 e 2,60 durante o verão de 2004. No inverno desse mesmo ano a população se encontrava mais bem distribuída, exceto a classe 5,00 (4,80 a 5,19 mm), que apresentou número mais elevado de *E. armata* (Figura 28). Logo após o derramamento, no verão do ano seguinte, foi constatado um grande número de juvenis pertencentes à classe 2,20 (2,00 a 2,39 mm), com uma porcentagem de 30% da população total, o restante da população foi formado principalmente por indivíduos das classes 2,60 a 4,20, ou seja, juvenis e recém adultos. No inverno de 2005 foi evidente o predomínio de indivíduos das classes 3,80 a 5,40, portanto, de recém adultos e adultos (Figura 29). Em 2006 o número de indivíduos diminuiu em relação ao ano anterior, seguindo um padrão similar de distribuição do ano anterior ao derramamento, e no verão deste ano as classes com maior número de indivíduos foram a 1,80 e 2,20, assim como a 4,20. Durante o inverno as classes com maior número de indivíduos foram as de 3,80 a 5,00 (Figura 30). A presença de indivíduos das classes de maior tamanho, observada no inverno de 2004, foi reduzida após o derramamento.

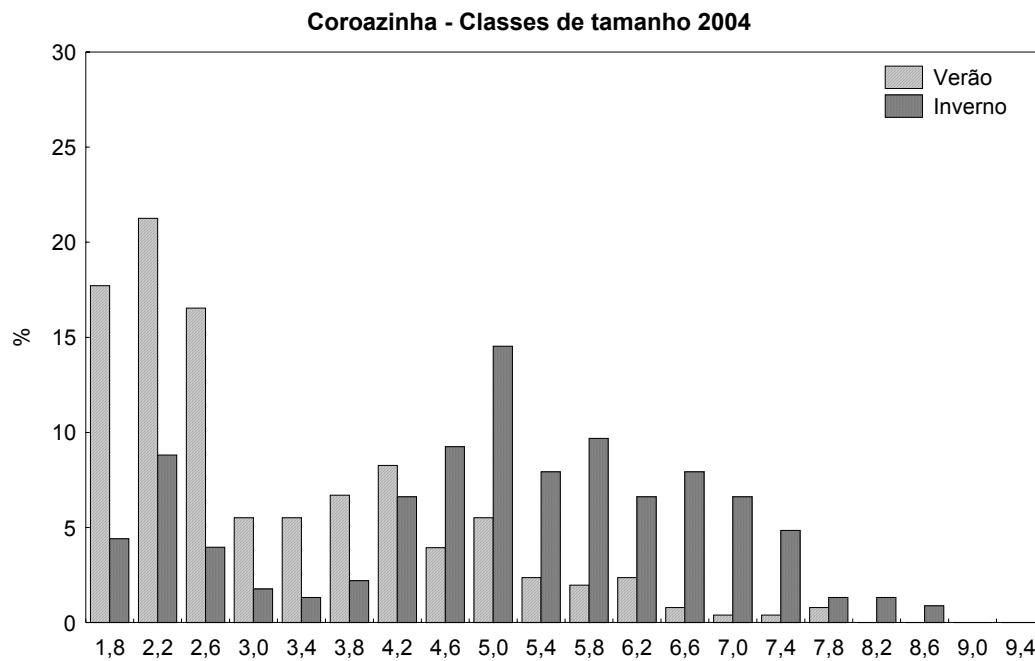


Figura 28. Distribuição de freqüência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2004, na praia da Coroazinha.

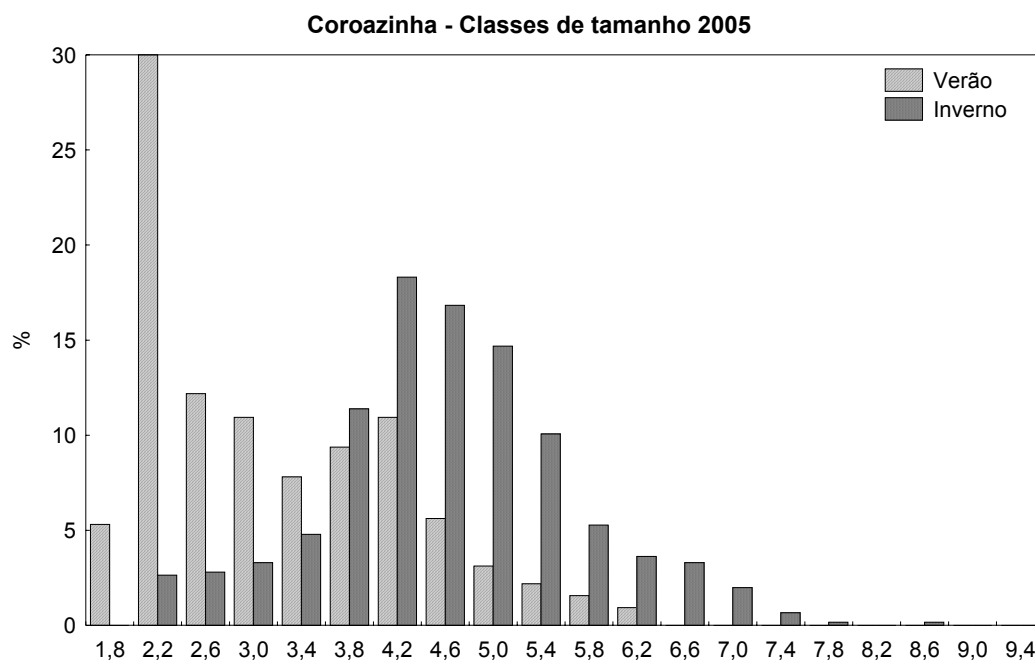


Figura 29. Distribuição de freqüência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2005, na praia da Coroazinha.

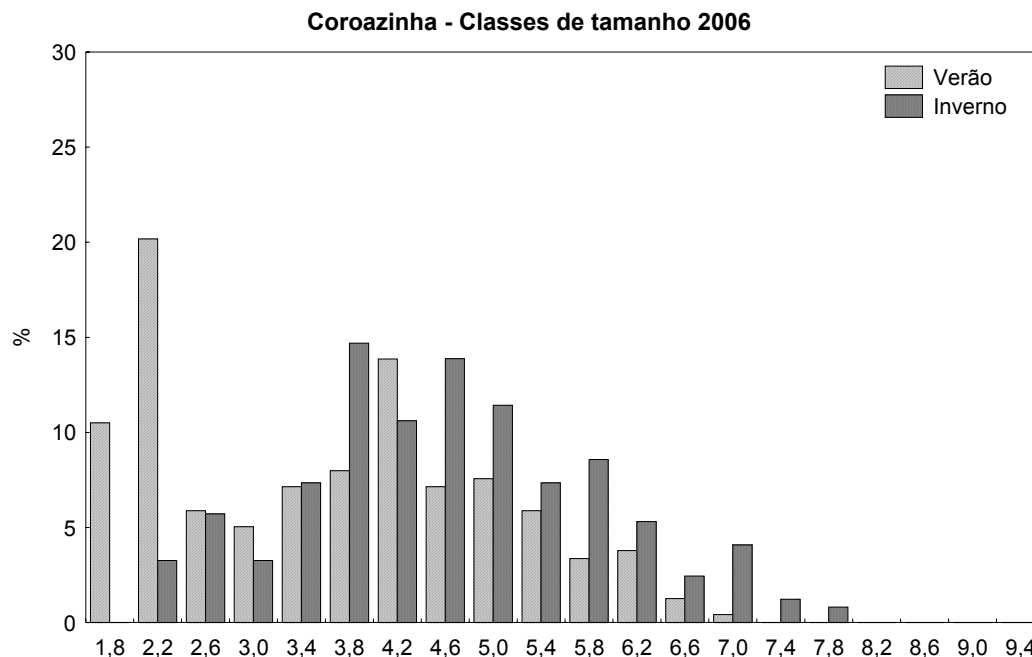


Figura 30. Distribuição de frequência relativa de indivíduos separados por classes de tamanho durante o ano de 2006, na praia da Coroazinha.

A relação comprimento peso demonstrada pela regressão geométrica apresentou valores de b abaixo de 3 durante todas as coletas. Os valores de b antes do derramamento, no ano de 2004, foram inferiores aos encontrados nos anos seguintes (Tabela 10 e Figura 31). Valores menores que 3 sugerem que os indivíduos invistam mais no comprimento corpóreo, já valores superiores a 3 sugerem um maior investimento na biomassa.

Tabela 10. Resultados da regressão estabelecida para relação comprimento e peso seco de *E. armata* na Praia de Coroazinha.

	Verão 04	Inverno 04	Verão 05	Inverno 05	Verão 06	Inverno 06
Amostras (n)	21	29	24	64	24	31
Interseção (a)	0,0001	0,0002	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Coef. regressão (b)	1,7235	1,4627	2,7126	2,9100	2,3830	2,5757
EP Coef. b (s)	0,1875	0,1468	0,1057	0,0663	0,1648	0,1615
R ²	81,59%	78,61%	96,57%	96,94%	90,83%	89,68%
Média (X)	3,7619	4,7658	3,6457	4,7841	4,0295	4,6654
Média (Y)	0,0011	0,0019	0,0005	0,0017	0,0010	0,0015
GL	19	27	22	62	22	29
p	$p < 0,00001$	$p < 0,00001$	0,0001	0,0402	$p < 0,00001$	$p < 0,00001$

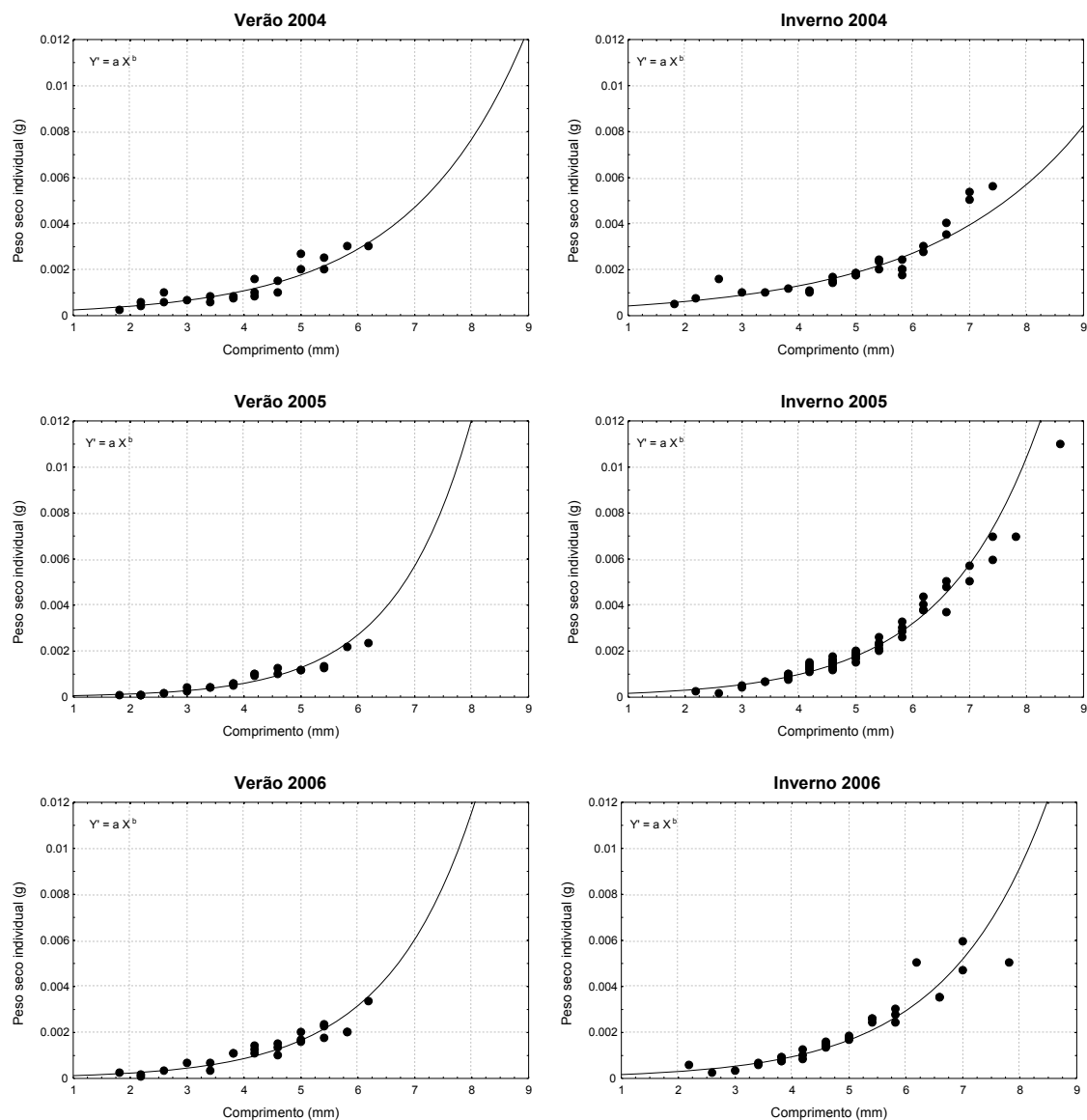


Figura 31. Relação entre o comprimento e o peso seco individual na Praia de Coroazinha.

O teste t usado para comparar curvas de regressão da Praia de Coroazinha, apresentou valores estatisticamente significativos para b entre todas as coletas envolvendo tanto o verão, quanto o inverno de 2004, com exceção a comparação entre o verão e o inverno de 2004. A curva de regressão do inverno de 2005 também apresentou valor significativo em relação ao verão de 2006 (Tabela 11).

Tabela 11. Resultado do teste *t* para a comparação entre as curvas de regressão (coef .b) na Praia de Corozinha. Os valores significativos estão em negrito.

	V04	I04	V05	I05	V06	I06
V04		1,095	4,595	5,966	2,642	3,444
I04	1,095		6,910	8,985	4,170	5,100
V05	4,595	6,910		1,582	1,683	0,709
I05	5,966	8,985	1,582		2,967	1,915
V06	2,642	4,170	1,683	2,967		0,835
I06	3,444	5,100	0,709	1,915	0,835	

3.2.2.3. Distribuição Espacial

Os gráficos de contorno feitos para analisar a distribuição espacial na praia da Coroazinha, indicaram um determinado padrão de distribuição entre os anos de estudo, onde os adultos se concentram basicamente na região da linha de detritos, e os juvenis sendo mais abundantes abaixo da distribuição dos adultos, mas presentes até os pontos mais inferiores.

No ano de 2004 a distribuição de adultos e juvenis teve densidades maiores em um mesmo local da praia, porém os juvenis foram mais abundantes nas regiões inferiores. Já no inverno, os juvenis ocorreram em maior número em região pouco abaixo em relação aos adultos (Figura 32).

Porém, no ano seguinte ao derramamento, em 2005, durante o verão, houve uma migração, tanto de adultos, quanto juvenis, para uma região acima da linha de detritos. Na região inferior da praia foram encontrados apenas juvenis, já que os adultos não foram coletados no terço inferior da praia. No inverno, a população apresentou uma migração para abaixo da linha de detritos, voltando ao padrão do ano anterior (Figura 33).

Em 2006 o padrão de distribuição da espécie se manteve como no inverno do ano anterior, onde os adultos e juvenis foram mais abundantes na região superior, porém os juvenis eram mais comuns nos pontos inferiores do transecto (Figura 34).

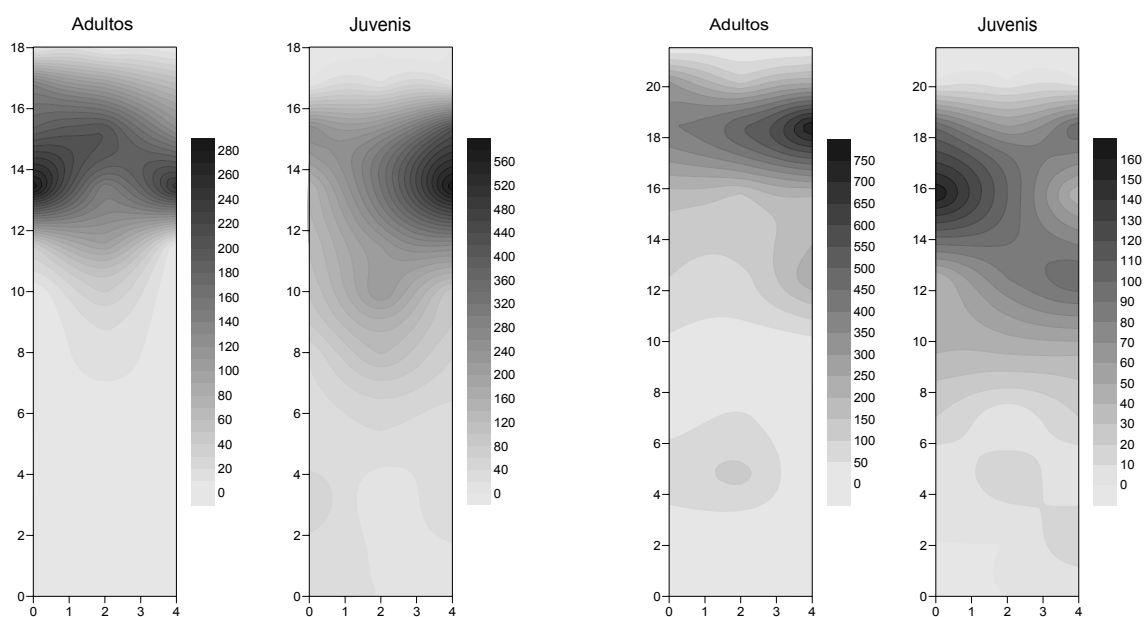


Figura 32. Distribuição espacial de *E. armata* no ano de 2004 na Praia de Coroazinha. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m².

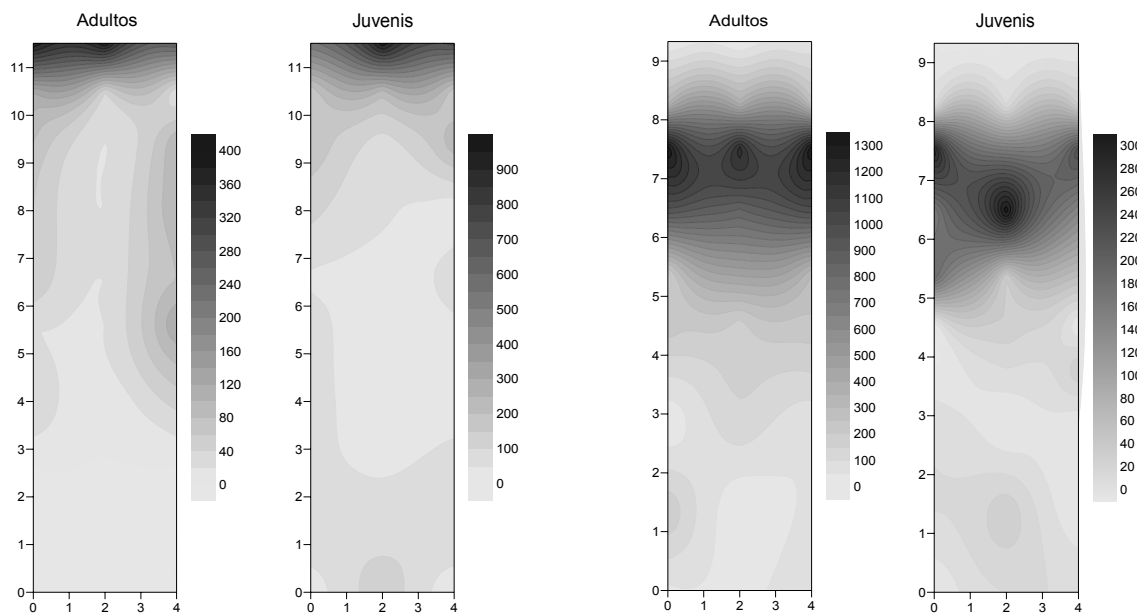


Figura 33. Distribuição espacial de *E. armata* no ano de 2005 na Praia de Corozinha. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m².

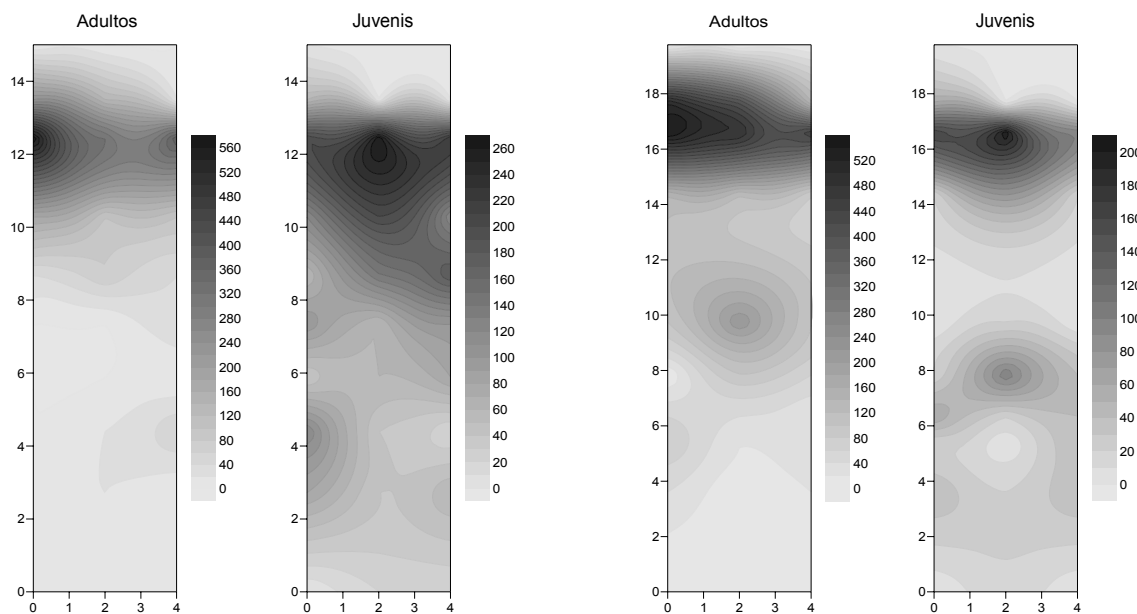


Figura 34. Distribuição espacial de *E. armata* no ano de 2006 na Praia de Corozinha. Verão (gráficos à esquerda) e inverno (gráficos à direita), respectivamente. No eixo Y está representada a extensão da praia em metros; a legenda marca a densidade em número de indivíduos/m².

3.2.2.4. Estrutura Populacional

A estrutura populacional da Praia de Corozinha apresentou uma dominância de machos durante os invernos, alcançando 50% dos indivíduos durante o inverno de 2005. As fêmeas mantiveram praticamente a mesma porcentagem ao longo das coletas, com exceção do inverno de 2005, onde o maior número de fêmeas resultou numa porcentagem de praticamente 30% da população. As fêmeas ovíferas não tiveram um padrão, somando mais de 20% da população de *E. armata* no inverno de 2004, porém não sendo encontradas no verão de 2005. Os juvenis formaram a grande maioria da população durante os verões, chegando a quase 70% do total de *E. armata* durante os verões de 2004 e 2005, entretanto a presença de juvenis no inverno é muito menor (Figura 35).

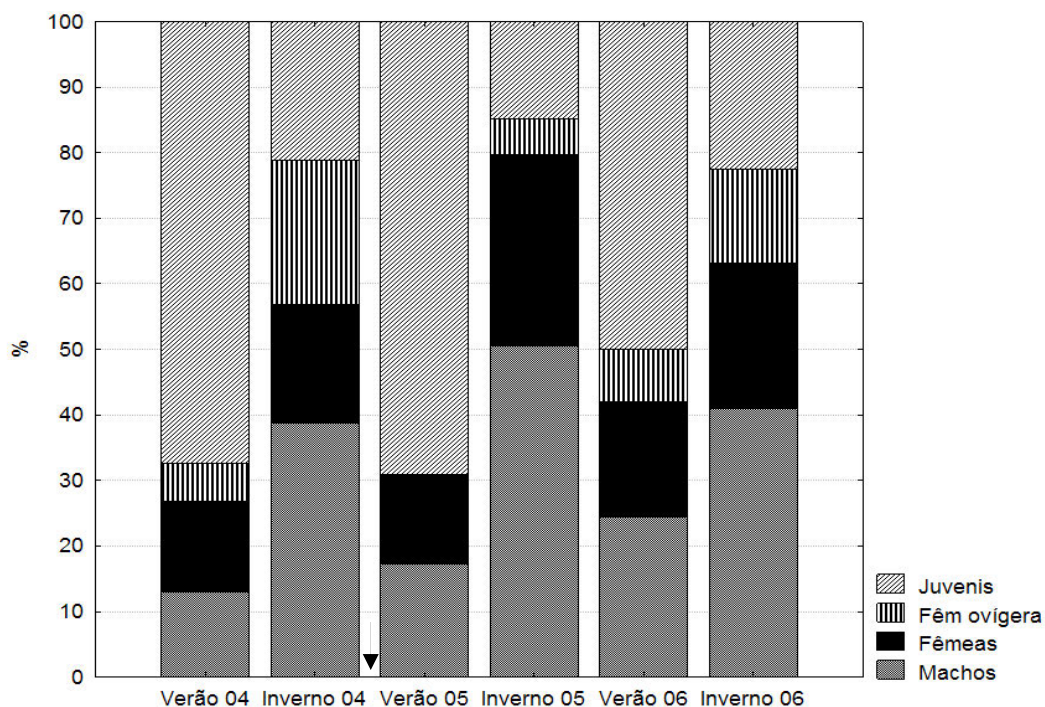


Figura 35. Histograma da estrutura populacional (em %) na Praia de Corozinha representando os juvenis, fêmeas ovíferas, fêmeas e machos entre o verão de 2004 e o inverno de 2006.

Uma ANOVA testou cada variável da população (machos, fêmeas, fêmeas ovíferas e juvenis) durante os anos de coleta. O padrão encontrado para a variação do número de machos foi o mesmo da densidade total, com um p estatisticamente significativo ($F_{5, 12} = 82,823$, $p < 0,00001$). O número se manteve praticamente constante, com exceção do inverno de 2005, com um pico significativo superior a 100 machos coletados (Figura 36).

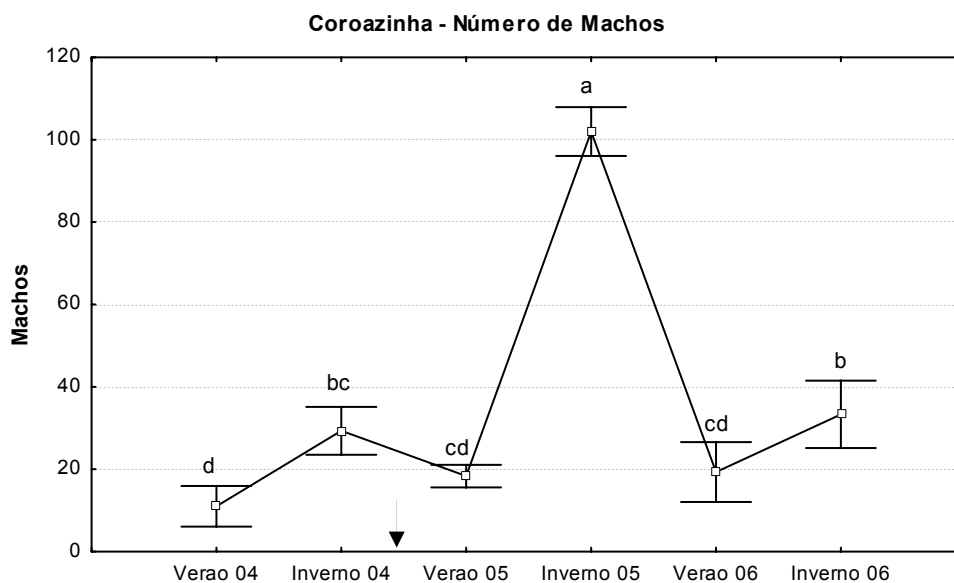


Figura 36. Número de machos (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletados na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

O número de fêmeas manteve o mesmo padrão encontrado para os machos e para a densidade total, com o mesmo pico já observado durante o inverno de 2005. A variação foi significativa testada pela ANOVA ($F_{5, 12} = 67,414$, $p < 0,00001$) (Figura 37).

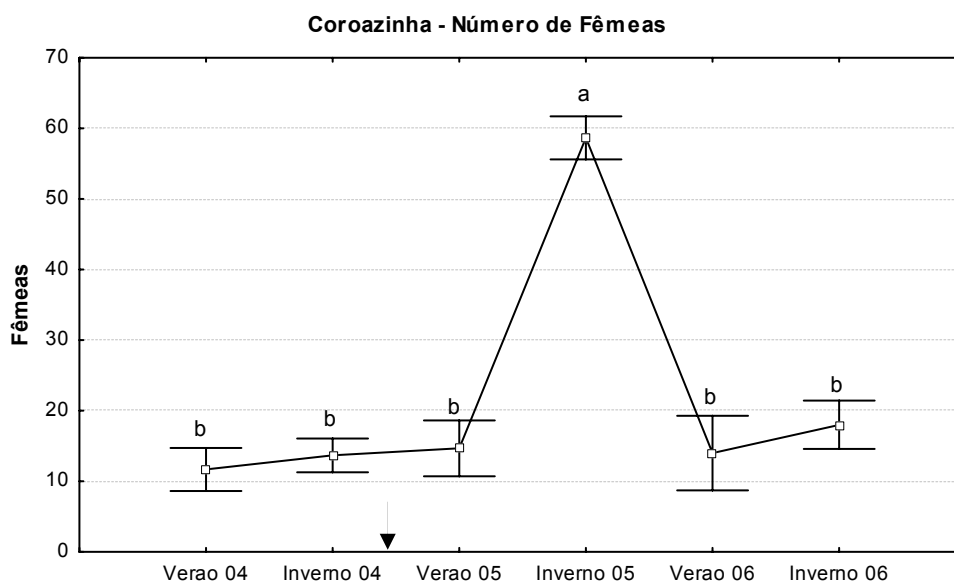


Figura 37. Número de fêmeas (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletadas na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

O teste de ANOVA indicou um $p < 0,05$ para a variação no número de fêmeas ovíferas coletadas ao longo destes 3 anos ($F_{5, 12} = 8,1544$, $p = 0,00147$). Não foram coletadas fêmeas ovíferas no primeiro verão após o derramamento. (Figura 38).

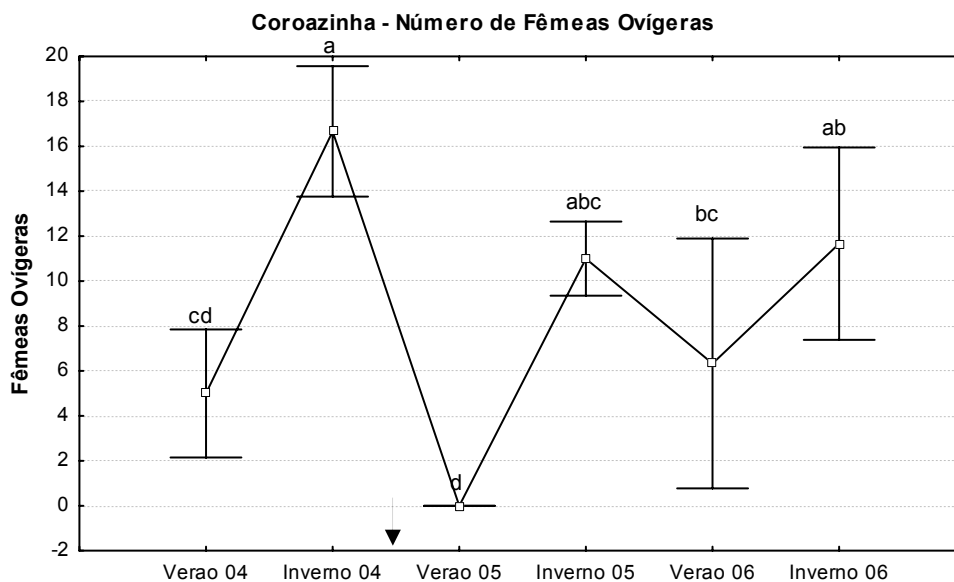


Figura 38. Número de fêmeas ovíferas (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletadas na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

A proporção estabelecida para a razão entre machos e fêmeas não foi estatisticamente significativa ($F_{5, 12} = 1,5313$, $p = 0,25212$). Apenas durante o ano de 2004, tanto verão quanto inverno, o número de fêmeas foi maior em relação aos machos. A partir do derramamento, no verão de 2005, todas as coletas apresentaram um maior número de machos em relação às fêmeas (Figura 39).

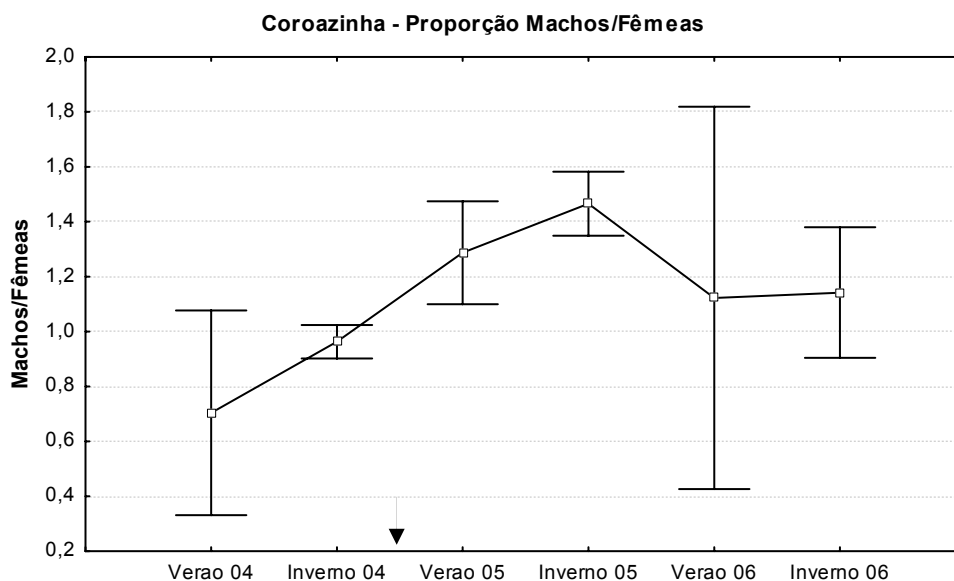


Figura 39. Proporção entre machos e fêmeas (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletados na praia da Coroazinha entre o verão de 2004 e o inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

O teste de ANOVA indicou p estatisticamente significativo para o número de juvenis coletados durante este estudo ($F_{5, 12} = 21,867$, $p = 0,00001$), sendo que este grupo esteve mais abundante durante os verões de 2004 e 2005. O valor máximo foi observado durante o verão de 2005, com uma média de mais de 70 juvenis coletados (Figura 40). Na tabela 12 é apresentado um resumo dos resultados das ANOVA unifatoriais da seção 3.2.2.4.

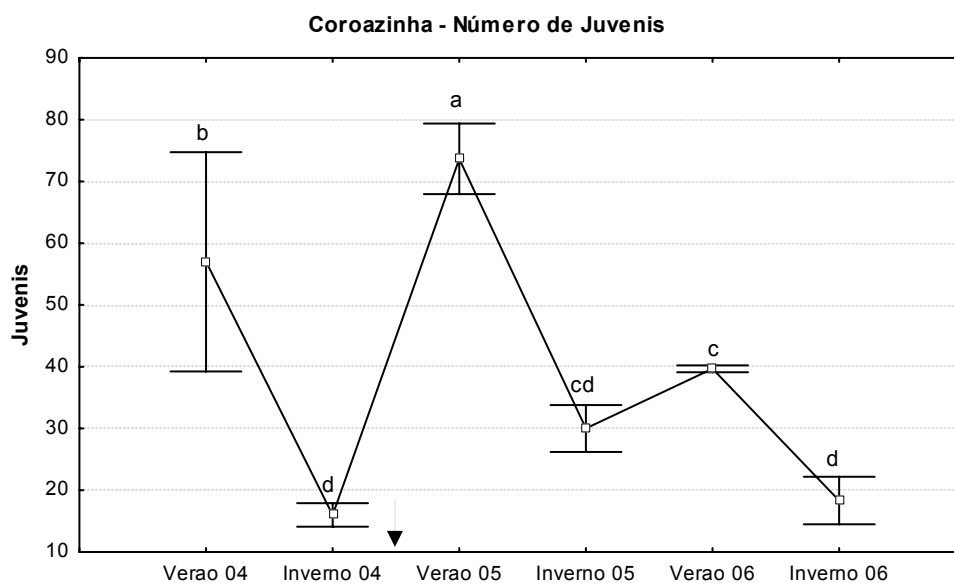


Figura 40. Número de juvenis (e desvio padrão $\pm 95\%$) coletados na praia da Coroazinha do verão de 2004 ao inverno de 2006. A seta indica o derramamento de óleo e as letras os grupos homogêneos.

Tabela 12. Resumo dos resultados da ANOVA da estrutura populacional da Praia de Corozinha. Valores significativos estão marcados com *.

	GL	F	p
Número de machos	5	82,823	< 0,00001*
Número de fêmeas	5	67,414	< 0,00001*
Número de fêmeas ovíferas	5	8,154	0,00147*
Proporção macho/fêmea	5	1,531	0,25212
Número de juvenis	5	21,867	0,00001*

3.2.2.5. Fecundidade das Fêmeas Ovíferas

Uma análise de co-variância, adotando como co-variável o comprimento da fêmea ovígera (com uma média de 6,47 mm), indicou valores estatisticamente não significativos ($F_{2, 113} = 0,23225$, $p = 0,79313$) para a variação do peso seco de *E. armata* durante os meses de inverno ao longo dos três anos do estudo. As médias dos pesos secos individuais permaneceram praticamente inalteradas durante os anos (Figura 41). Em relação ao peso seco dos ovos de *E. armata*, também foram encontrados valores não significativos ($F_{2, 113} = 0,32717$, $p = 0,72164$) (Figura 42). A análise de variância também não apresentou valores significativos para a variação do peso seco individual de cada ovo de *E. armata* ($F_{2, 113} = 1,6992$, $p = 0,18747$) (Figura 43).

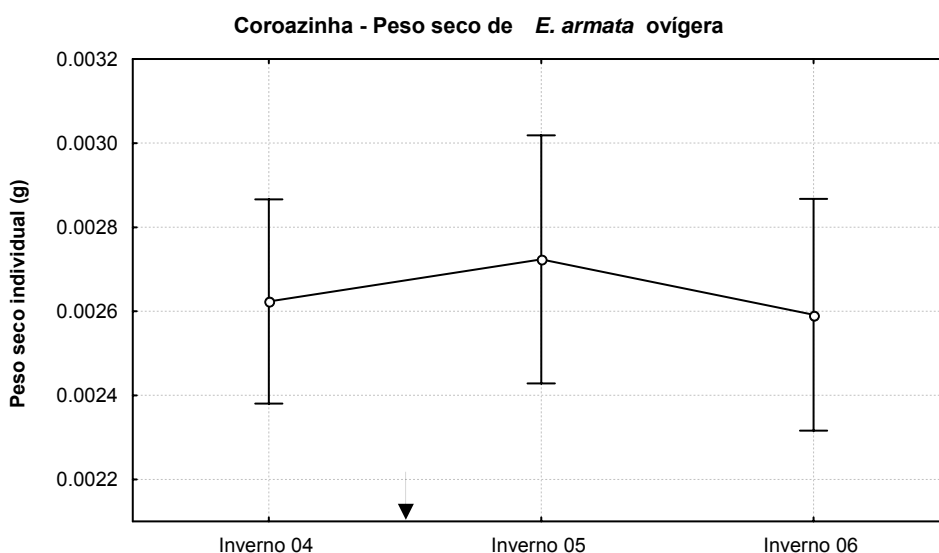


Figura 41. Peso seco de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) na Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

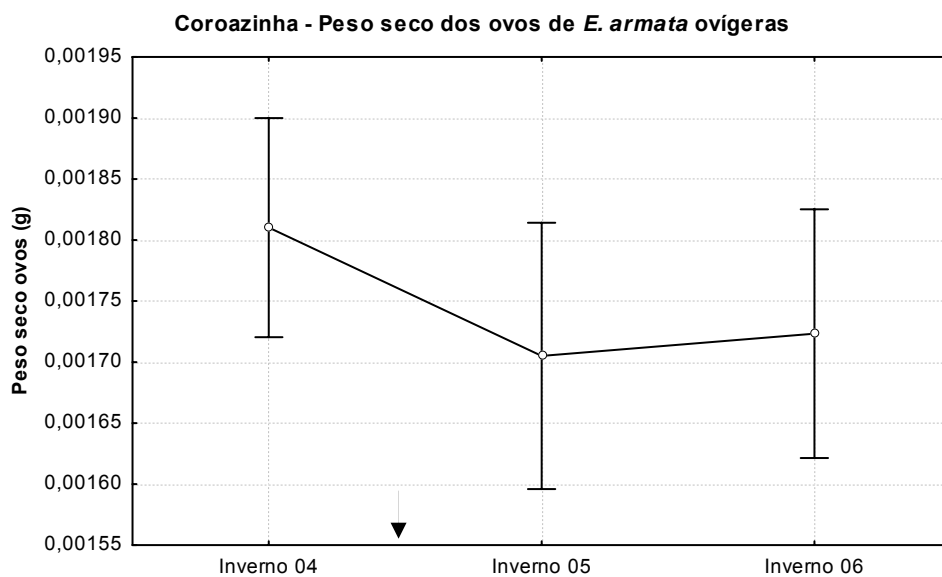


Figura 42. Peso seco médio dos ovos totais de cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

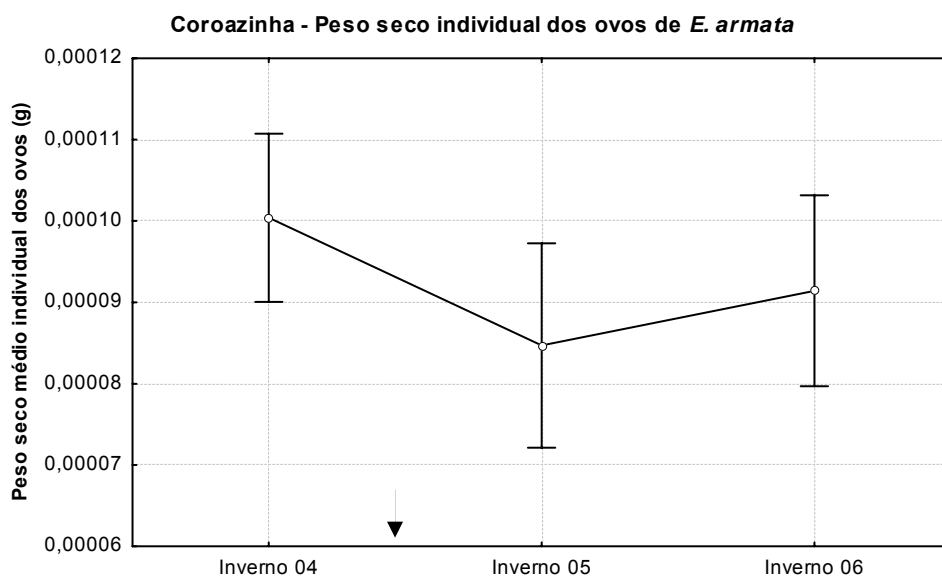


Figura 43. Peso seco médio individual dos ovos cada fêmea ovígera (e intervalo de confiança $\pm 95\%$) da Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

O número de ovos retirados de cada uma das *E. armata* ovígeras resultou em valores não significativos de p ($F_{2, 113} = 2,2636$, $p = 0,10867$), onde a maior média observada foi no inverno de 2004 ($19,91 \pm 1,31$ ovos por fêmea ovígera) e a menor no inverno de 2006, com uma média de $17,91 \pm 1,48$ ovos por fêmea ovígera (Figura 42).

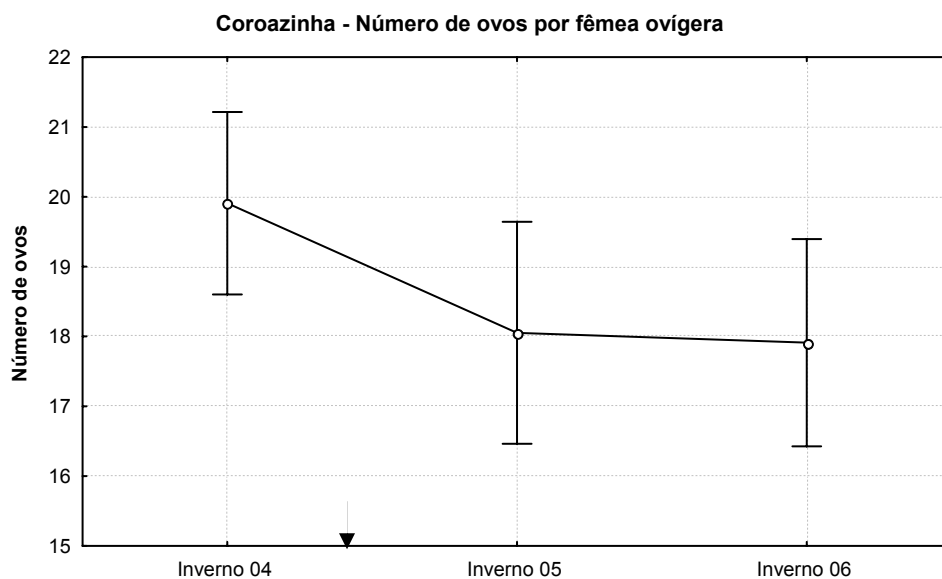


Figura 44. Número médio de ovos por fêmea ovígera (e intervalo de confiança \pm 95%) na Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo.

Para o tamanho médio dos ovos das fêmeas ovígeras, foram observados valores estatisticamente significativos na ANCOVA ($F_{2, 113} = 9,6814$, $p = 0,00013$). O máximo valor estatisticamente significativo foi observado no inverno de 2004 ($2,03 \pm 0,14$ mm), já o menor valor médio foi encontrado no inverno de 2005, com um tamanho médio de $1,58 \pm 0,18$ mm (Figura 43). A tabela 13 traz um resumo dos valores encontrados nas ANOVA unifatoriais da seção 3.2.2.4.

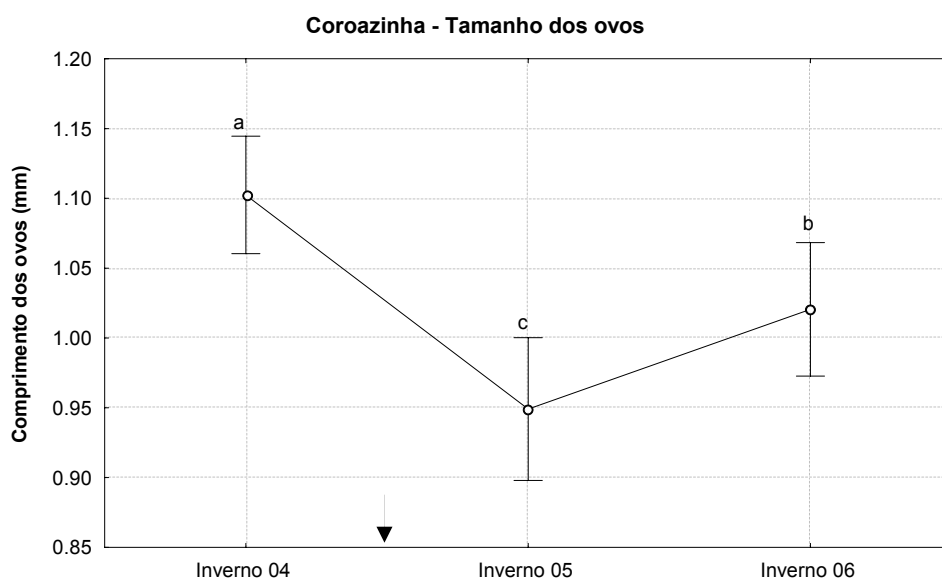


Figura 45. Tamanho médio dos ovos das fêmeas ovígeras (e intervalo de confiança \pm 95%) da Praia de Coroazinha nos invernos de 2004, 2005 e 2006. A seta indica o derramamento de óleo. As letras indicam os grupos homogêneos.

Tabela 13. Resumo dos resultados da ANOVA unifatorial das fêmeas ovígeras da Praia de Corozinha.

Valores significativos estão marcados com *.

	GL	F	p
Peso seco de <i>E. armata</i> ovígera	2	0,232	0,79313
Peso seco dos ovos de <i>E. armata</i> ovígera	2	0,327	0,72164
Número de ovos por fêmea ovígera	2	2,264	0,10867
Tamanho dos ovos	2	9,681	0,00013*

4. Discussão

Ambientes estuarinos, em geral, apresentam uma dinâmica física muito diferente de ambientes oceânicos abertos, entretanto, são nesses ambientes oceânicos que se concentram o maior número de estudos de praias arenosas, sendo assim, trabalhos envolvendo a contaminação da fauna de praias estuarinas por hidrocarbonetos são, até hoje, muito escassos. Em estuários e em baías abrigadas, a ação das ondas sobre a praia fica menos relevante quando comparada a ação das marés, resultando assim em praias com perfis morfológicos muito diferentes de praias oceânicas (Masselink e Short, 1993; Borzone *et al.*, 2001). Outros fatores se tornam mais importantes em praias estuarinas, como por exemplo, o vento, o contorno da linha costeira e a configuração dos fundos adjacentes (Nordstrom, 1980; Jackson e Nordstrom, 1992).

As praias amostradas neste estudo são tipicamente estuarinas, chamados também de ambientes de transição, com uma configuração topográfica já descrita por Borzone *et al.* (2003), onde a praia é formada por dois ambientes distintos: uma planície de maré, arenosa ou lodosa, na parte inferior e uma praia propriamente dita, arenosa e mais íngreme, na parte superior. Estudos anteriores (Borzone *et al.*, 2003; Matuella, 2005) já demonstraram que estes dois ambientes apresentam comportamentos físicos e grupos biológicos completamente diferentes e por isso este estudo se baseou apenas no ambiente de praia propriamente dito.

Sendo assim, durante as coletas foi possível observar algumas variações interessantes no perfil praial. Durante o verão anterior ao derramamento, a Praia de Brasília apresentou maiores extensões de praia que no inverno. Após o derramamento, no ano de 2005, a maior extensão foi observada no verão. O mesmo foi observado em Coroazinha, onde em 2004 a praia foi mais extensa no inverno, por outro lado, após o derramamento a situação se inverteu. Outra observação importante é de que após o derramamento, durante as duas coletas de 2005, a Praia de Coroazinha teve uma forte redução na extensão de praia. Embora tenham sido feitos, após o derramamento, intensivos trabalhos de limpeza, com retirada de sedimentos das praias, especialmente das regiões superiores, seriam necessários outros estudos físicos específicos para poder atribuir estas alterações no perfil de praia ao derramamento. Entretanto, já é sabido que, devido às conhecidas diferenças entre ambientes estuarinos e oceânicos, essas praias estuarinas seriam classificados como ambientes de baixa energia e conseqüentemente os processos de erosão e adição são muito mais lentos (Nordstrom 1977, 1980; Nordstrom e Jackson 1992; Jackson

1999). Alterações de perfil como estas observadas, podem ser atribuídas a eventos como tempestades, onde o sedimento é retirado da região superior e depositado na região inferior (Nordstrom e Jackson 1992; Jackson 1999). É possível também que a limpeza das praias tenha alterado os perfis justamente pelo fato de o sedimento ter sido retirado somente das regiões superiores, impedindo a deposição nas regiões inferiores.

No entanto, de uma forma geral, em ambas as praias os restantes dos dados abióticos não apresentaram grandes variações tanto entre as situações inverno/verão como antes e depois do derramamento. A salinidade esteve dentro dos valores encontrados por Lana *et al.* (2001). O tamanho médio do grão, a seleção, a curtose, a assimetria e a umidade do sedimento variaram muito pouco, permanecendo praticamente constantes nas coletas de antes e depois do derramamento. Caetano *et al.* (2006) observaram que a abundância de *E. braziliensis* pode estar relacionada com o perfil praial, assim como outros fatores físicos, como o tamanho do grão do sedimento. Como nesse estudo não foram observadas grandes alterações, estes fatores podem ser desconsiderados ao analisarmos o efeito do óleo sobre a variação da abundância e da estrutura populacional de *E. armata*. Defeo e Martinez (2003) reforçam o fato de que em espécies capazes de sustentar grandes populações através de um amplo gradiente de variações ambientais, como é o caso das espécies do gênero *Excirokana*, o morfodinamismo da praia não deve ser considerado o principal fator de alteração na abundância, em vez disso, essas populações seriam controladas por uma interação entre fatores bióticos e abióticos.

As coletas feitas antes do derramamento já indicaram a existência de uma diferença entre as populações das duas praias. Entre estas, destaca-se a abundância, que resultou nitidamente superior na praia da Corozinha, com o dobro de indivíduos coletados em relação a Praia de Brasília. Também houve claras diferenças da situação inverno/verão. Houve uma maior abundância de indivíduos durante as coletas de inverno em relação as coletas de verão, assim como a presença de indivíduos das menores classes no verão e das maiores no inverno. Este padrão foi encontrado em ambas as praias e ao longo de todos os anos (antes e depois do derramamento).

No entanto, na Praia de Brasília a densidade média total observada teve um ligeiro aumento após o derramamento. Isso foi mais evidente principalmente durante os invernos, provavelmente devido ao recrutamento da população desta espécie no verão. A abundância por metro linear de praia, que em teoria, deveria seguir o mesmo padrão da densidade, não apresentou um aumento tão claro quanto o observado na densidade. Porém, pelo fato da abundância por metro linear levar em conta a extensão da praia, este aumento no número de indivíduos após o derramamento não foi tão

claro quanto o observado na densidade, pois a diminuição na extensão das praias fez com que os resultados da abundância linear apresentassem menores variações ao longo das coletas em relação à densidade.

O mesmo padrão foi observado em Coroazinha, com a densidade aumentando significativamente ao longo das coletas depois do derramamento, durante o ano de 2005. O teste a posteriori indicou um aumento de densidade já a partir da primeira coleta depois do derramamento, no verão de 2005. Porém, durante o inverno o número de indivíduos coletados foi ainda duas vezes superior. Isto pode ser resultado do intenso recrutamento registrado que poderia indicar um aumento no investimento na reprodução durante o mês de novembro de 2004, como será discutido mais na frente. A abundância linear também seguiu o mesmo padrão da Praia de Brasília, não apresentando nenhum resultado que pudesse ser relacionado com a presença do óleo.

Podemos levantar a hipótese de que os efeitos do derramamento na abundância destas populações poderiam ter sido diferentes dos encontrados neste trabalho se o mesmo tivesse acontecido em uma outra época do ano. Por exemplo, um derramamento logo após um recrutamento, durante o início da primavera, poderia produzir uma redução na abundância por mortalidade massiva de recrutas e juvenis.

Quando analisadas as classes de tamanho, ficou evidente uma redução, após o derramamento, no menor comprimento registrado em ambas as praias. A existência de recrutamentos mais intensos, ou bem o fato dos indivíduos começarem a ser recrutados com um tamanho menor após o derramamento, poderia explicar esta diferença. No entanto, foi após o derramamento que os valores dos menores indivíduos coletados se aproximaram dos valores já descritos em outros trabalhos, como em Fisher (1970), Dexter (1977), Alava e Defeo (1991) e Souza (1998), onde todos encontraram valores próximos a 1,75 mm para o menor indivíduo.

Souza (1998) coletou indivíduos de *E. armata* em uma praia oceânica próxima ao local de estudo (Praia de Atami), e estabeleceu o valor de 3,50 mm para o tamanho de maturação, ou seja, para que fosse possível a identificação de sexo. Entretanto, nas duas praias da Ilha do Mel estudadas, esse limite foi adaptado para 3,75 mm, pois indivíduos menores que 3,75 mm ainda não apresentaram nenhuma característica sexual definida.

De acordo com Steele e Steele (1975), a produção de menores juvenis, da forma como foi observada na Praia de Brasília, pode estar relacionada à redução no tamanho de maturação das fêmeas e/ou a longos períodos de reprodução. Neste trabalho não foi possível estabelecer se a maturação da fêmea ocorreu em um estágio mais precoce, ou não, já que foi estipulado um limite fixo para a separação entre

juvenis e adultos. No entanto o aumento da abundância associado a recrutamento pode também ser uma resposta a um aumento do período reprodutivo.

Alguns autores indicam a disponibilidade de alimento (Defeo *et al.* 2001, Dugan *et al.* 1994, Dugan *et al.* 1991; Gomez e Defeo 1999) e a ocorrência de stress (presença de óleo), como fatores que afetam o crescimento e o tamanho do corpo de alguns crustáceos de praias arenosas. Dugan *et al.* (1994), estudando a história de vida de *Emerita analoga*, concluíram que, na medida em que o suprimento de alimentos aumenta, o tamanho dos menores indivíduos também aumenta. Portanto, também devemos considerar que a redução observada em ambas as praias pode estar relacionada com a dificuldade na alimentação devido a presença do óleo no sedimento.

Na Praia de Brasília foi possível observar indivíduos das maiores classes de tamanho do ano anterior ao derramamento, porém esses indivíduos maiores não foram encontrados nas coletas seguintes, o que sugere uma menor longevidade nas populações após o derramamento.

As relações de comprimento-peso calculadas a partir das diferentes classes de tamanho, excluindo fêmeas ovígeras, apresentaram resultados diferentes entre as praias. Nas curvas de regressão elaboradas para a Praia de Brasília, o baixo número de amostras em algumas coletas fez com que os valores de r^2 fossem baixos. Os valores de b , que indicariam o investimento em peso ao longo do crescimento dos indivíduos, mantiveram-se semelhantes antes e depois do derramamento, com exceção do alto valor do coeficiente b encontrado no verão de 2006. O que sugere que um baixo número de amostras, combinado com a ausência de indivíduos de maior massa, possa ter produzido esta elevação. Este alto valor de b no verão de 2006 fez com que o teste t indicasse valores significativamente diferentes apenas para as comparações envolvendo o mesmo. Já na Praia de Coroazinha, a presença do óleo pode ter afetado as curvas de crescimento desta população. Os valores de b correspondentes às duas coletas de 2004, antes do derramamento, resultaram significativamente menores em relação aos valores de b das coletas após o evento (2005 e 2006). Isto sugere que nas coletas após a presença do óleo, os indivíduos apresentaram um maior aumento em biomassa ao longo do crescimento quando comparado ao ano anterior.

A distribuição espacial de *E. armata* em praias estuarinas mostrou ser semelhante a já descrita em praias oceânicas, com um maior número de indivíduos na região superior da praia, próxima a linha de detritos (Dahl, 1952; McLachlan e Jaramillo, 1995; Alava e Defeo, 1991; Borzone e Souza, 1997; Souza, 1998). Como observado anteriormente por Gianuca (1985) em populações do Rio Grande do Sul,

Brasil, houve uma distribuição diferenciada por tamanho, na qual indivíduos adultos foram mais comumente encontrados nas regiões superiores da praia em relação aos juvenis. Apenas na Praia de Corozinha foi registrada uma diferença neste padrão geral quando no verão de 2005, logo após o derramamento, houve a migração de todos os indivíduos, tanto adultos como juvenis, para uma região mais superior da praia. Isso sugere uma alta mobilidade dos indivíduos desta espécie, já que praticamente toda a população foi deslocada para a região da linha de detritos, ou seja, uma região da praia que, possivelmente, tenha sido menos contaminada por óleo. Este fato foi corroborado pela presença de óleo nos sacos de coleta apenas nas estações inferiores da praia.

É possível ainda dizer que, como consequência desta migração, pode ter ocorrido uma subamostragem da população, pois aparentemente parte dos indivíduos estavam acima do último ponto de coleta estabelecido. Com a posterior redução gradativa do óleo na praia, a população voltou à sua distribuição natural nas coletas subsequentes.

A estrutura populacional manteve um padrão semelhante em ambas as praias. Durante os verões o domínio foi de juvenis, e as fêmeas com ovos foram inexistentes, ou muito pouco frequentes. Por outro lado, nos invernos, a maior parte da população foi composta por machos, e as fêmeas ovígeras foram bem mais comuns. O mesmo padrão foi encontrado na praia oceânica estudada por Souza (1998). Fêmeas ovígeras foram menos abundantes que as fêmeas durante todas as coletas, como também observado por Dexter (1977) para espécie *E. braziliensis* e por Souza (1998) para *E. armata* na praia do Atami/PR.

Essa maior porcentagem de juvenis nas coletas de verão sugere que estas duas populações têm um padrão de recrutamento semelhante. Embora Shafir e Field (1980) afirmem que os isópodes de entre-marés de regiões tropicais têm seus períodos de reprodução restritos apenas aos meses mais quentes do ano, o estudo de Souza (1998) indicou junho e dezembro como períodos de reprodução de *E. armata* na praia do Atami/PR, e com dois picos de recrutamento, um na primavera e outro no início do outono. Gianuca (1985) encontrou na praia do Cassino/RS também dois picos de recrutamento, um no início do verão e outro em abril (outono), mas Alavo e Defeo (1991) encontraram apenas um pico de recrutamento em praias do Uruguai. A amostragem feita no presente trabalho, limitado a apenas dois meses do ano, não permite inferir maiores detalhes dos padrões de recrutamento da espécie em praias estuarinas.

Contudo, foi possível detectar mudanças na estrutura populacional ao longo do estudo, sendo que algumas delas podem ser decorrentes do derramamento. Na Praia

de Brasília, a abundância de machos aumentou significativamente nos invernos seguintes ao derramamento. Este aumento, junto com a estabilidade no número de fêmeas, resultaram em uma proporção macho/fêmea inferior a 1, ou seja, uma maior quantidade de fêmeas em relação aos machos, durante o ano de 2005 como já observado por Zuñiga *et al.* (1985) trabalhando com *E. braziliensis* no litoral do Chile, Defeo e Martinez (2003), estudando uma população de *E. braziliensis* no Uruguai, e Souza (1998) com uma população de *E. armata* no Paraná. Porém, a partir do verão de 2006 a população apresentou uma maior abundância de machos em relação as fêmeas, seguindo o mesmo observado por estudos de Wong e Moore (1996), estudando isópodes cirolanídeos de média profundidade na Escócia e Alves (2002), estudando uma população de *E. braziliensis* no mesolitoral em Santa Catarina. Entretanto, a variação na abundância de juvenis e de fêmeas ovígeras não teve nenhuma relação com o derramamento.

Na Praia de Coroazinha houve um aumento da densidade total, o que ficou refletido num aumento na abundância tanto de machos quanto de fêmeas, no inverno de 2005. Isso pode responder a um possível aumento no investimento dessa espécie na reprodução, levando a um maior recrutamento e aumento das abundâncias nesse primeiro inverno após o derramamento. Já a redução no número de fêmeas ovígeras durante os verões ocorreu ao longo de todo o estudo, além disso, a ausência total de fêmeas ovígeras coincidiu com a primeira coleta após o derramamento (verão de 2005), porém não é possível afirmar que isto seja um efeito do óleo sobre a população, mas provavelmente um padrão natural da espécie, já que o mesmo padrão foi observado para esta espécie na praia oceânica próxima ao local de estudo (Souza, 1998).

A proporção entre machos e fêmeas seguiu o mesmo padrão da Praia de Brasília, com um maior número de fêmeas antes do derramamento, e uma inversão nessa proporção após o derramamento, com o domínio de machos. O número de juvenis foi sempre maior durante o verão nesta praia, já que um grande recrutamento ocorreu na primavera, como já observado por Souza (1998) na praia oceânica próxima ao local. Os ovos, a princípio, foram separados e classificados nos quatro estágios descritos anteriormente, porém após as análises iniciais foi observado que todos mantiveram o mesmo padrão da média total, por isso para as análises deste trabalho foram utilizadas as médias totais dos tamanhos dos ovos.

As fêmeas ovígeras da Praia de Brasília apresentaram algumas mudanças após a presença do óleo nas praias. As alterações foram notadas apenas nos ovos, já que as fêmeas mantiveram, sem alteração significativa, o mesmo peso do corpo. Houve um aumento significativo no número e no peso dos ovos por fêmea, tanto o

peso seco médio total, quanto o peso seco individual dos ovos, juntamente com uma redução no tamanho dos mesmos. Isto poderia representar um aumento do investimento na reprodução da espécie sobre uma situação de stress no ambiente, na medida em que, além da liberação de um maior número de descendentes, ovos menores teriam um menor tempo de incubação o que possibilitaria a existência de mais de uma desova por fêmea por período reprodutivo. Já em Coroazinha apenas o tamanho dos ovos apresentou uma variação após o derramamento, com redução no tamanho dos ovos, no ano de 2005, seguido de um pequeno aumento de tamanho em 2006, porém sem uma modificação significativa no peso (médio total e individual) ou no número de ovos. Essa redução de tamanho pode ter alguma relação com a contaminação de óleo nas fêmeas ovígeras, já que o mesmo efeito foi observado na Praia de Brasília.

Muitos trabalhos afirmam que o fator limitante na produção de ovos em crustáceos é o tamanho da fêmea ovígera (Corey e Reid 1991; Hines 1982, 1991). Algumas variáveis abióticas também são dadas como fatores que afetam a fecundidade das fêmeas, como por exemplo, a temperatura e a salinidade (Lardies e Wehrmann 2001; Vernberg 1962). No presente estudo, não houve variação nem no tamanho das fêmeas nem nas variáveis ambientais, podendo ser o estresse representado pelo derramamento o principal fator responsável pelas diferenças encontradas.

Essa redução observada no tamanho dos ovos torna-se mais interessante quando comparada com a literatura, onde vários autores afirmam que o tamanho de ovos e embriões são considerados bons estimadores de energia interna do ovo (Herring 1974; Jaeckle 1995), e sendo assim, diferenças nos tamanhos dos ovos devem refletir diferenças reais no investimento materno por embrião (Cardoso e Defeo, 2003). A redução no tamanho do ovo, com um aumento ou manutenção no peso individual dos ovos pode representar uma maior quantidade de energia armazenada em cada ovo produzido (Efford 1969; Thorson 1950). Klapow (1972) afirma que fêmeas do gênero *Excrolana* retêm toda sua cria internamente e podem inclusive controlar o momento do nascimento com uma considerável precisão.

Os resultados mostram que alterações ocorreram ao longo das coletas. Em relação a fêmeas ovígeras as alterações foram notadas especialmente na Praia de Brasília. Portanto, houve sim um aumento no peso seco total dos ovos lançados por cada fêmea; assim como também foi notado o aumento no peso seco individual dos ovos de *E. armata*. Também, foi observado o aumento no número de ovos lançados no ambiente. Por outro lado, mesmo com o aumento do peso seco individual dos ovos, o tamanho médio desses ovos reduziu. Com esses dados, uma hipótese a ser lançada

é de que houve um aumento no investimento reprodutivo pela fêmea lançando um maior número de recrutas após o derramamento, tendo assim maiores chances de sucesso em ambientes estressantes, assim como os ovos podem ter tido a sua quantidade de água reduzida e a quantidade de energia em forma de vitelo aumentada.

De uma forma geral, o único indício de um efeito letal sobre a população foi o desaparecimento dos maiores indivíduos da população da Praia de Brasília após o derramamento. Não foi observado nenhum outro indício de efeitos letais sobre esta população de crustáceos ao longo deste estudo. Os demais efeitos observados sobre a população foram não letais e relacionados à distribuição espacial, densidades e fecundidade das fêmeas.

Após o derramamento, alguns padrões foram observados simultaneamente em ambas as praias, como aumento da densidade, inversão na proporção machos/fêmeas, redução no tamanho dos ovos. Por outro lado, a Praia de Coroazinha, onde de acordo com IBAMA/IAP (2005) foi a praia mais atingida pelo acidente, mostrou as maiores alterações em relação às densidades, a estrutura da população e a distribuição espacial. Porém, foi na Praia de Brasília, menos atingida pelo óleo, onde foram observados efeitos mais claros sobre a fecundidade das fêmeas ovígeras.

Não podemos descartar a possibilidade de que os padrões acima mencionados possam estar mais relacionados a variações interanuais naturais das populações do que ao próprio derramamento do óleo. A falta de um local controle para a comparação dos resultados do presente trabalho constitui um importante limitante na interpretação dos verdadeiros efeitos do derramamento. Dois motivos principais impediram a realização de coletas em um local controle: a praia controle deveria ser num local próximo, entretanto, todas as praias próximas ao local foram, de uma maneira ou outra, contaminadas pelo derramamento; outra possibilidade seria a utilização de uma praia oceânica, fora do alcance do derramamento, mas é sabido que a morfodinâmica desses ambientes são completamente diferentes.

No entanto ficou claro que, apesar das verdadeiras perturbações, produzidas tanto pelo derramamento quanto pela limpeza das praias, não houve diminuições drásticas nas abundâncias populacionais deste abundante crustáceo das praias arenosas da região. Por outro lado, existem indícios de que algumas pequenas mudanças nas características de suas populações possam de alguma forma ter sido consequência do derramamento, e com estudos futuros, talvez algumas respostas similares possam ser encontradas, disponibilizando um maior número de informações

a respeito da biologia desta espécie e, principalmente, os efeitos do óleo no sedimento sobre organismos entremareais.

5. Referências Bibliográficas

- Alava, A., O. Defeo (1991). Distributional pattern and populational dynamics of *Excirolana armata* (Isopoda, Cirolanidae) in an Uruguayan sandy beach. Estuarine Coastal and Shelf Science, 33:433-444.
- Alves, E. (2002) Estrutura populacional de *Excirolana brazilensis* Richardson, 1912 (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) no mediolitoral da Praia de Taquaras, Santa Catarina, Brasil (abstract). In: XXIV Congresso Brasileiro de Zoologia. Itajaí - SC, Brasil, p 92.
- Ansell, A. D., P. Sivadas, B. Narayanan, V. N. Sankaranarayanan, A. Trevalion (1972). The ecology of two sandy beaches in southwest India. Seasonal changes in physical and chemical factors in the macrofauna. Marine Biology. 17: 38-62.
- Borzone, C. A, J. R. B. Souza (1997). Estrutura da macrofauna bentônica no meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil. Oecologia Brasiliensis, 3: 197-212.
- Borzone, C. A., J. R. B. Souza, A. G. Soares (1996). Morphodynamic influence on the structure of the inter and subtidal macrofaunal communities of subtropical sandy beaches. Revista Chilena de História Natural. 69: 565-577.
- Borzone, C. A.; S.G. Melo, K. V. Rezende, R. Vale, R. Krul (2003). Macrobenthic intertidal communities from wave to tide dominated beach environments. A case study in two Brazilian beaches. Journal of Coastal Research. Special Issue 35: 472-480.
- Boyd, J. N., J. H. Kucklick, D. K. Scholz, A. H. Walker, R. G. Pond, A. Bostrom (2001). Effects of oil and chemically dispersed oil in the environment. Health and Environmental Sciences Department. American Petroleum Institute. Cape Charles, Virginia, USA. 63 p.
- Brusca, R. C., R. Wetzer, S. C. France (1995). Cirolanidae (Crustacea: Isopoda: Flabellifera) of the tropical eastern Pacific. Proceedings of the San Diego Society of Natural History. 30:1-96.
- Cabioch, L., J. C. Dauvin, C. Retiere, V. Rivain, D. Archambault (1982). Les Effets des Hydrocarbures de l'Amoco Cadiz Sur les Peuplements Benthiques des Baies de Morlaix et de Lannion d'Avril 1978 a Mars 1981: Ecological Study of the Amoco Cadiz Oil Spill. Report of the NOAA-CNEXO Joint Scientific Commission, NOAA Environmental Research Laboratory, Boulder, Colorado, 479 pp.

- Caetano, C. H. S., R. S. Cardoso, V. G. Veloso, E. S. Silva (2006). Population biology and secondary production of *Excirolana braziliensis* (Isopoda: Cirolanidae) in two Brazilian sandy beaches with different morphodynamics. Journal of Coastal Research (in press).
- Cardoso R. S., O. Defeo (2003). Geographical patterns in reproductive biology of the Pan-American sandy beach isopod *Excirolana armata*. Marine Biology. 143:573-581.
- Castro, A. L., I. N. S. Brum (1969). Sobre as espécies de *Excirolana* Richardson do litoral Atlântico das Américas (Isopoda: Cirolanidae). Boletim Museu Nacional, Rio de Janeiro, v. 271, 21p.
- CEM – Centro de Estudos do Mar/UFPR (2005). Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos de petróleo nos sedimentos, peixes, ostras, siris e caranguejos da região afetada pelo acidente do navio Vicuña na Baía de Paranaguá e identificação de alterações de bioindicadores e no padrão natural da estrutura da ictiofauna nas áreas atingidas. Relatório técnico: ULTRAGÁS/UFPR, 197 p.
- Chad Export Project (1999). Fate and Effects of Spilled Oil. In: General Oil Spill Response Plan (GOSRP); Section 4, pp. 1-18.
- Clark, R.B. (1993). Marine Pollution. Clarendon Press, Oxford, 3a edição, Capítulo 3, pp. 28–52.
- Commendatore, M. G., J. L. Esteves, J. C. Colombo (2000). Hydrocarbons in coastal sediments of Patagonia, Argentina: levels and probable sources. Marine Pollution Bulletin. 40 (11): 989-998.
- Conan, G. (1982). The long-term effects of the Amoco Cadiz oil spill. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, UK, 297:323-333.
- Corey, S., D. M. Reid (1991). Comparative fecundity of decapods crustaceans. I. The fecundity of thirty-three species of nine families of caridean shrimp. Crustaceana. 16, 270–294.
- Crump-Wiesner, H. J., A. L. Jennings (1975). Properties and effects of nonpetroleum oils. Procedures of 1975 Conference on Prevention and Control of Pollution. American Petroleum Institute, Washington, D.C., pp. 29 – 32.
- Dahl, E. (1952). Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. Oikos, v. 4, p. 1 - 27.
- Day, R. H., S. M. Murphy, J. A. Wien, G. D. Hayward, E. J. Harner, L. N. Smith (1997). Effects of the Exxon Valdez oil-spill on habitat use by birds in Prince William Sound, Alaska. Ecological Applications 7, 593–613.
- De la Huz, R., M. Lastra, J. Junoy, C. Castellanos, J. M. Vieitez (2005). Biological impacts of oil pollution and cleaning in the intertidal zone of exposed sandy

- beaches: Preliminary study of the “Prestige” oil spill. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 65:19-29.
- Defeo O., E. Jaramillo, A. Lyonnet (1992). Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. Journal of Coastal Research 8:830 – 839.
- Defeo O., G. Martínez (2003). The habitat harshness hypothesis revisited: life history of the isopod *Exciorolana braziliensis* in sandy beaches with contrasting morphodynamics. Journal of Marine Biology Association, UK, 83:331–340.
- Defeo, O., J. Gomez, D. Lercari (2001). Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: The mole crab *Emerita braziliensis* in Uruguay. Marine Ecology Progress Series. 212, 159–170.
- Dexter D. M. (1977) Natural history of the Pan-American sand beach isopod *Exciorolana braziliensis* (Crustacea: Malacostraca). Journal of Zoology, London, 183:103–109.
- Dugan, J. E., D. M. Hubbard, A. M. Wenner (1994). Geographic variation in life history of the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson) on the California coast: relationships to environmental variables. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 181, 255–278.
- Dugan, J. E., A. M. Wenner, D. M. Hubbard (1991). Geographic variation in the reproductive biology of the sand crab *Emerita analoga* (Stimpson) on the California coast. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 150, 63–81.
- Ecological Steering Group (1993). The Oil Spill in the Shetlands. An Interim Report on Survey and Monitoring of the Braer Oil Spill. Environment Department, The Scottish Office, Edinburgh, Scotland, 45 pp.
- Efford, I. E. (1969). Egg size in the sand crab *Emerita analoga* (Decapoda: Hippidae). Crustaceana. 16, 15–26.
- Elmgren, R., S. Hansson, U. Larsson, B. Sundelin, P. D. Boehm (1983). The “Tsesis” oil spill: Acute and long-term impact on the benthos. Marine Biology. 73(1):51-65.
- Figueiredo, J. C. (1954). Contribuição à geografia da Ilha do Mel (litoral do Paraná). Tese apresentada ao concurso de cátedra em Geografia do Brasil, da Faculdade de Filosofia da Universidade do Paraná. Curitiba. 61 p.
- Fish, S. (1970) The biology of *Eurydice pulchra* (Crustacea: Isopoda). Journal of Marine Biology Association, UK 50:753–768.

- Gianuca, N. M. (1985). The ecology of a sandy beach in Southern Brazil. Southampton. Thesis (Ph.D.) – Univ. Southampton, Department of Oceanography, 330p.
- Gimenez, L., B. Yannicelli (1997). Variability of zonation patterns in temperate microtidal Uruguayan beaches with different morphodynamic types. Marine Ecology Progress Series. 160, 197– 207.
- Gin K. Y. H., M. D. K. Huda, W. K. Lim, P. Tkalich. (2001). An oil spill – food chain interaction model for coastal waters. Marine Pollution Bulletin 40 (7):590– 7.
- Glynn, P. W., D. M. Dexter, T. E. Bowman (1975). *Excirolana braziliensis*, a Pan-American sand beach isopod: taxonomic status, zonation and distribution. Journal of Zoology, London, 175:509-521.
- Gomez, J., O. Defeo (1999). Life history of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (Amphipoda) in sandy beaches with contrasting morphodynamics. Marine Ecology Progress Series. 182, 209–220.
- Gray J. S., R. J. Ventilla (1971). Pollution effects on micro- and meiofauna of sand. Marine Pollution Bulletin; 2:39– 43.
- Herring, P. J. (1974). Size, density and lipid content of some decapod eggs. Deep-Sea Research. 21:91–94.
- Hines, A. (1982). Allometric constraints and variables of reproductive effort in brachyuran crabs. Marine Biology. 69, 309–320.
- Hines, A. (1991). Fecundity and reproductive output in nine species of Cancer crabs (Crustacea, Brachyura, Cancridae). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 48, 267–275.
- Holme, N., A. D. McIntyre (eds.) (1979). Methods for the study of marine benthos. London: Blackwell Scientific Publishers.
- Hyland, J. L., E. D. Schneider (1976). Petroleum hydrocarbons and their effects on marine organisms, populations, communities and ecosystems. In Sources, effects and sinks of hydrocarbons in the aquatic environments., (Proceedings of the Symposium, Washington, D.C., 9-11 August, 1976). American Institute of Biological Sciences, Arlington, Virginia. pp. 464-506
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), Instituto Ambiental do Paraná (IAP) (2005). Laudo técnico do navio Vicuña, ocorrido em Paranaguá no dia 15 de novembro de 2004. Paranaguá, Brasil. Laudo técnico. 75 pp.
- Jackson, N. L. (1999). Evaluation of criteria for predicting erosion and accretion on an estuarine sand beach, Delaware Bay, New Jersey. Estuaries. 22, 215-223.

- Jackson, N. L., K. F. Nordstrom (1992). Site specific controls on wind and wave process and beach mobility on estuarine beaches in New Jersey, USA. Journal of Coastal Research. 8 (1): 88-98.
- Jaekle, W. B. (1995). Variation in size, energy content and biochemical composition of invertebrate eggs: correlates to the mode of larval development. In: McEdwards L (eds) Ecology of marine invertebrate larvae. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 49–77.
- Jaramillo, E. (1982). Taxonomy, natural history and zoogeography of sand beach isopods from the coast of Southern Chile. Studies on Neotropical Fauna and Environment. 17 (4): 175-194.
- Jewett, S. C., T. A. Dean (1993). The Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on Infaunal Invertebrates in the Eelgrass Habitat of Prince William Sound. Abstract Book, Exxon Valdez Oil Spill Symposium. The Oil Spill Public Information Center, Anchorage, Alaska, pp. 97-99.
- Jones, D. A. (1970). Population densities and breeding in *Eurydice pulchra* and *E. affinis* in Britain. Journal of Marine Biology Association. U.K. 50:635-655.
- Junoy, J., C. Castellanos, J. M. Vieitez, M. R. de la Huz, M. Lastra (2005). The macroinfauna of the Galician sandy beaches (NW Spain) affected by the Prestige oil-spill. Marine Pollution Bulletin 50: 526-536.
- Kingston, P. F., I. M. T. Dixon, S. Hamilton, D. C. Moore (1995). The impact of the Braer oil spill on the macrobenthic infauna of the sediments of the Shetland Island. Marine Pollution Bulletin. 30 (7):445-459.
- Klapow, L. A. (1970). Ovoviviparity in the genus *Excirolana* (Crustacea: Isopoda). Journal of Zoology, London 162:359-369.
- Klapow, L. A. (1972). Fortnightly Molting and Reproductive Cycles in the Sand-Beach Isopod, *Excirolana chiltoni*. Biological Bulletin. 143 (3) pp. 568-591
- Knoppers, B. A., F. P. Brandini, C. A. Thamm (1987). Ecological studies in the Bay of Paranaguá. II- Some physical and chemical characteristics. Nerítica, v. 2, p. 1-36.
- Lana, P. C., E. Marone, R. M. Lopes, E. C. Machado (2001). The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: Seeliger, U. & Kjerfve, B. (eds.). Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer-Verlag, Berlin, p. 131-145.
- Lardies, M., I. Wehrtmann (2001). Latitudinal variation in the reproductive biology of *Betaeus truncatus* (Decapoda: Alpheidae) along the Chilean coast. Ophelia. 55, 55–67.

- Martinez, G., O. Defeo (2006). Reproductive biology of the isopod *Excirolana braziliensis* at the southern edge of its geographical range. Helgoland Marine Research. 60:273-280.
- Masselink, G., A. D. Short (1993). The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. Journal of Coastal Research. 9 (3): 785-800.
- Matuella, B. A. (2005). Comparação da macrofauna bentônica em duas praias estuarinas do Complexo da Baía de Paranaguá, com e sem formação de planície de maré. Monografia apresentada ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 40 p.
- McLachlan, A., E. Jaramillo (1995). Zonation on sandy beaches. Oceanography Marine Biology: An Annual Review. 33, 305– 335.
- Michel, J., D. Scholz, C. B. Henry, B. L. Benggio (1995). Group V Fuel Oils: Source, Behavior, and Response Issues. Proceedings of the 1995 International Oil Spill Conference. American Petroleum Institute, Washington, DC, pp. 559-564.
- Michel, J., J. A. Galt (1995). Conditions Under Which Floating Slicks Can Sink in Marine Settings. Proceedings of the 1995 International Oil Spill Conference. American Petroleum Institute, Washington, DC, pp. 573-576.
- National Academy of Sciences (NAS) (1985). Oil in the Sea - Inputs, Fates and Effects. National Academy Press, Washington, D.C., pp. 369–547.
- Naylor, E., S. Rejeki (1996). Tidal migrations and rhythmic behaviour of sandbeach Crustacea. Revista Chilena de História Natural 69, 475–484.
- Noernberg, M. A., L. F. C. Lautert, A. D. Araújo, E. Marone, R. Angelotti, J. P. B. Netto Jr., L. A. Krug (2004). Remote Sensing and GIS Integration for Modelling the Paranaguá Estuarine Complex – Brazil. Journal of Coastal Research. Special Issue 39.
- Nordstrom, K. F. (1977). The use of grain size statistics to distinguish between high and moderate energy beach environments. Journal of Sedimentary Petrology 47, 1287– 1294.
- Nordstrom, K. F. (1980). Cyclic and seasonal beach response: a comparison of ocean and bayside beaches. Physical Geography 1, 177– 196.
- Nordstrom, K. F., N. L. Jackson (1992). Two dimensional change on sandy beaches in estuaries. Zeitschrift für Geomorphologie 36 (4), 465–478
- O'Clair, C. E., J. W. Short, S. D. Rice (1993). Contamination of Subtidal Sediments by Oil from the Exxon Valdez in Prince William Sound, Alaska. Abstract Book, Exxon Valdez Oil Spill Symposium. The Oil Spill Public Information Center, Anchorage, Alaska, pp. 55-56.

- Ribetti, V. L., D. Roccatagliata (2006). Redescription of *Exciorolana armata* (Dana, 1853) and synonymy of *Cirolana argentina* Giambiagi, 1930 (Crustacea, Isopoda, Cirolanidae). Proceedings of the Biological Society of Washington. 119 (1), 14p.
- Sanders, H. L. (1978). Florida Oil Spill Impact on the Buzzards Bay Benthic Fauna, West Falmouth. Journal of Fisheries Research Board of Canada. 35, 5, pp. 717-730.
- Sanders, H. L., J. F. Grassle, G. R. Hansson, L. S. Mores, S. Price-Gartner, C. C. Jones (1980). Anatomy of Any Oil Spill: Long-term Effects from the Grounding of the Barge Florida Off West Falmouth, Massachusetts. Journal of Marine Research 38, pp. 265-380.
- Shafir, A., J. G. Field (1980). Importance of a small carnivorous Isopod in energy transfer. Marine Ecology Progress Series, 3:203-215.
- Souza, J. R. B. (1998). Produção secundária da macrofauna bentônica da Praia de Atami, Paraná, Brasil. Tese Doutorado, UFPR/Zoologia, 129 pp
- Steele, D. H., V. J. Steele (1975). The biology of Gammarus (Crustacea, Amphipoda) in the northwest Atlantic. XI. Comparison and discussion. Canadian Journal of Zoology. 53:1116–1126.
- Suchanek, T. H. (1993). Oil impacts on marine invertebrate populations and communities. American Zoology 33 (6): 510– 23.
- Suguio, K. (1973). Introdução à Sedimentologia. São Paulo. E. Blücher. Ed. 317 p.
- Tanner, W. F. (1995). Environmental clastic granulometry. Florida Global Survey, Special Publication 40: 163.
- Thorson, G. (1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. Biological Review. 25, 1–45.
- Veloso V. G., R. S. Cardoso (2001). The effect of morphodynamics on the spatial and temporal variation of the macrofauna of three sandy beaches on the Rio de Janeiro state, Brazil. Journal of Marine Biology Association, UK, 81:369–375
- Vernberg, F. J. (1962). Latitudinal effects on physiological properties on animal populations. Annual Review of Physiology. 24, 517–546.
- Weinberg, J. R., V. R. Starczak (1988). Morphological differences and low dispersal between local populations of the tropical beach isopod *Exciorolana braziliensis*. Bulletin of Marine Science 42 (2): 296-309.
- Wong, Y. M, P. G. Moore (1996). Observations on the activity and life history of the Scavenging Isopod *Natatolana borealis* Lilljeborg (Isopoda:Cirolanidae) from Loch Fyne, Scotland. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 42, 247–262

- Zeh, J. E., J. P. Houghton, D. C. Lees (1981). Evaluation of existing marine intertidal and shallow subtidal biological data. Prepared for MESA Puget Sound Project, Office of Environmental Engineering and Technology, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 262 pp.
- Zuñiga, O. R., R. M. Peña, M. G. Clarke (1985). *Exciorolana braziliensis* Richardson, 1912 (Isopoda: Cirolanidae) life history and production. Estud Oceanol, Chile. 4:9–19.