



ROSVITA SCHREINER

ECOLOGIA POPULACIONAL DO COLEÓPTERO MARINHO *EFFLAGITATUS FREUDEI*
PACHECO, 1973 (HETEROCERIDAE) NA PRAIA DE RONDINHA, ARROIO DO SAL, RS,
BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título
de Mestre em Biologia Animal.
Área de Concentração: Insetos
Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Helena Piccoli Romanowski

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PORTO ALEGRE
2001

ECOLOGIA POPULACIONAL DO COLEÓPTERO MARINHO *EFFLAGITATUS FREUDEI*
PACHECO, 1973 (HETEROCERIDAE) NA PRAIA DE RONDINHA, ARROIO DO SAL, RS,
BRASIL

ROSVITA SCHREINER

Aprovada em 14 de fevereiro de 2001.

Membros da Banca:

Dr. Milton de Souza Mendonça Júnior

Dr. Omar Defeo

Dra. Vera Lúcia Valente Gaiesky

Apresentação

Esta dissertação está organizada na forma de três capítulos, cada um deles constituído de um artigo científico pronto para publicação, conforme a resolução nº4, Artigo 52, Parágrafo Único do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRGS. Esses três artigos são antecedidos por uma introdução geral que contém uma revisão bibliográfica sobre os temas abordados e uma síntese da metodologia utilizada e dos resultados obtidos.

O artigo 1, “Behavior and survival of the marine beetle *Efflagitatus freudei* (*Heteroceridae*) in a seawater flood event” já foi submetido ao número especial do Journal of Coastal Research (JCR) - Proceeding of the Brazilian Sandy Beaches Symposium: Morphodynamic, ecology, uses, hazards and management. O artigo 2, “Morfologia e utilização de túneis construídos pelo coleóptero de praia *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (*Heteroceridae*)” será enviado à Revista Brasileira de Oceanografia. Por último, o artigo 3, “Dinâmica populacional do besouro de praia *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (*Heteroceridae*) na praia de Rondinha, Litoral Norte do RS, Brasil” será submetido à Revista Brasileira de Zoologia. As normas para a publicação em cada uma das revistas encontram-se em anexo.

Optou-se pela colocação das tabelas diretamente no texto e por uma diagramação padrão para todo o corpo da dissertação, para facilitar a leitura. As figuras encontram-se sempre no final de cada artigo.

Agradecimentos

Ninguém faz nada sozinho. E, não são só auxílios palpáveis e concretos que contam. Muitas vezes ouvir o que se tem para contar já é o suficiente. Quero agradecer a todos aqueles que contribuíram na concretização deste trabalho, seja direta ou indiretamente. A todos o meu muito obrigado.

À minha família, por todo apoio e estímulo que sempre me deram.

À Helena Piccoli Romanowski, por ter aceitado o desafio de me orientar com insetos num ambiente totalmente novo para ela.

À Carla Penna Ozorio, por ter me apresentado ao ambiente de praia e, conseqüentemente aos insetos de praia e, por ter estado sempre presente na realização desta dissertação.

Ao pessoal do CECO (Centro de Estudos Costeiros e Oceânicos da UFRGS), especialmente ao Elírio Toldo Jr., por terem me ajudado a entender um pouco melhor a dinâmica das praias gaúchas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da UFRGS, por todo apoio para a realização do meu projeto.

À Capes, pelo auxílio financeiro.

A todos aqueles que me ajudaram nas minhas nada leves ocasiões de amostragem, especialmente à Cláudia e à Martina.

Às duas Cristianes, a Vianna e a Ramos de Jesus, pela amizade, apoio e auxílios diversos, com os quais eu sempre pude contar.

Ao povo dos laboratórios de malacologia (Fábio; Carla; Gisela; Jake; Cristina; Raquel; Inga) e ecologia de insetos (Karla; Célon; Sílvia, Eduardo; Cristiano; etc).

À Luíza, do 8º Distrito de Meteorologia, pelo acesso aos dados meteorológicos de Torres.

À Gisela, pela revisão final do manuscrito.

Aos colegas do pós-graduação em Biologia Animal.

À Escola Estadual de Ensino Fundamental Prof. Dietschi, da praia de Rondinha, por ter permitido o contato com os alunos.

Aos moradores e veranistas da praia de Rondinha, por se interessarem pelo meu trabalho.

Resumo

A presente dissertação de mestrado teve como objetivos verificar o efeito da inundação sobre os adultos de *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 pelas marés de ressaca; caracterizar os tipos de túneis realizados pela espécie no substrato e descrever a dinâmica populacional de *E. freudei*, analisando a sua distribuição espacial e temporal em função de alguns parâmetros ambientais. Para tanto, foram realizadas amostragens e observações quinzenais na praia de Rondinha, Arroio do Sal, RS (29°29'55"S - 49°50'47"O), entre junho de 1999 e julho de 2000. Também foram realizados experimentos em laboratório. Os adultos apresentaram sobrevivência de 100% à inundação, entretanto apresentaram dois tipos de comportamento: permanecer dentro dos túneis ou abandonar a área inundada através de vôo. Foram encontrados três tipos de túneis: horizontais, verticais com uma saída e verticais com duas saídas. Em relação aos túneis verticais houve diferença na profundidade dos mesmos em relação ao estágio de desenvolvimento e à localização no perfil da praia. O padrão de distribuição da espécie variou durante o ano. No inverno os animais estavam retraídos à região superior da praia. Na primavera migraram para a região central da praia e colonizaram praticamente toda a faixa praial até o verão. No outono, a população voltou a subir para a região ocupada no inverno anterior. No inverno foram encontrados apenas adultos; os estágios imaturos surgiram na primavera e ocorreram até metade do outono. As densidades máximas para posturas e larvas foram encontradas na primavera; já para adultos e pupas, os valores máximos foram registrados no outono. A espécie mostrou-se extremamente adaptada à dinâmica da praia, através da construção de túneis efetivos na proteção de inundação e da capacidade de acompanhar as modificações da faixa praial.

Sumário

Apresentação	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Introdução Geral	1
1.1. As praias do Litoral Norte do Rio Grande do Sul	2
1.2. Clima.....	5
1.3. Insetos marinhos	6
1.4. Adaptações para viver em zonas de forte influência marinha.....	9
1.5. O estudo da fauna de insetos marinhos no Brasil	9
2. 1. Objetivos gerais	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. Metodologia Geral.....	12
4. Síntese dos resultados.....	13
1.5 Referências Bibliográficas.....	15
Artigo 1	23
Behavior and survival of the marine beetle <i>Efflagitatus freudei</i> (<i>Heteroceridae</i>) in a seawater flood event	23
Artigo 2	34
Morfologia e utilização de túneis construídos pelo coleóptero de praia <i>Efflagitatus freudei</i> Pacheco, 1973 (<i>Heteroceridae</i>)	34
Artigo 3	50
Dinâmica populacional do besouro de praia <i>Efflagitatus freudei</i> Pacheco, 1973 (<i>Heteroceridae</i>) na praia de Rondinha, Litoral Norte do RS, Brazil	50

Introdução Geral

As praias e dunas costeiras representam um dos mais importantes ambientes litorâneos do país, tanto pela sua extensão como pelo seu significado ecológico. No entanto, este ambiente vem sofrendo constantes alterações antropogênicas, como a retirada ilegal de areia, a transformação da área em espaços urbanos como avenidas e “calçadas”, o despejo de esgotos e, também a ocupação intensiva da área durante o verão, como local de lazer.

Para que se possa detectar e avaliar o impacto de tais modificações e usos, são necessários estudos ecológicos, particularmente no que se refere à sua fauna de invertebrados. Até o momento, quanto aos insetos, os trabalhos realizados nas praias e dunas do Brasil são poucos, sendo principalmente de caráter descritivo, faltando estudos mais sistematizados e quantitativos sobre as espécies presentes, principalmente em relação à ecologia, biologia destas espécies e a sua interação com o ambiente de praia.

A espécie *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Coleoptera:Heteroceridae), abordada neste trabalho, é uma espécie típica do supra-litoral que ocorre em praticamente todo o litoral do Rio Grande do Sul, em altas densidades - 162 organismos/m² (Vanin *et al.*, 1995). Seus limites de distribuição registrados na costa do Atlântico são Guarujá, no litoral de São Paulo (Vanin, 1995) e Maldonado no Uruguai (Pacheco, 1973). Na Figura 1 estão os principais estágios de desenvolvimento da espécie (adulto, postura, larva de último ínstar e pupa).

1.1. As praias do Litoral Norte do Rio Grande do Sul

As praias arenosas são sistemas caracterizados pela grande instabilidade de seu substrato. Isto ocorre em função da ação contínua de vários fatores físicos tais como ondas, ventos, marés e correntes marítimas. Apesar da aparência desértica, o ambiente praiial é habitado por um grupo variado de organismos que estão altamente adaptados às condições de mudanças ambientais extremas. A vegetação macroscópica é praticamente inexistente, sendo encontrada apenas a partir das dunas, onde a influência marítima é menor.

A faixa praiial de domínio marinho, de acordo com Vieira & Rangel (1988), apresenta duas unidades geomórficas que são praia superior (pós-praia ou supra-litoral) - de interesse neste trabalho - e estirâncio (litoral, médio-litoral, zona intermareal ou zona entre-marés). O supra-litoral está caracterizado por ser uma zona coberta pela água do mar somente em situações extremas, como nas marés de tempestade, também denominadas de ressacas (Vieira & Rangel, 1988; Brown & McLachlan, 1990; Gerlach, 1994; Gianuca, 1987, 1998).

Neste trabalho, a zona de supra-litoral foi considerada como sendo a zona que é inundada apenas em ocasiões de marés de sisígia ou de tempestade (Brown & McLachlan, 1990). Esta zona corresponde à zona de pós-praia dos trabalhos de geomorfologia de praias. Ao contrário do que se está acostumado a ver nos esquemas de zonação de praia, no litoral do RS, o supra-litoral compreende a maior parte da praia, uma vez que a zona de médio-litoral é pequena, devido ao regime de micromarés.

A costa do litoral norte do Rio Grande do Sul pode ser classificada como uma costa dominada pela ação das ondas em toda a sua extensão (Tomazelli & Villwock, 1992). Sua configuração, praticamente retilínea, sem reentrâncias e irregularidades maiores, lhe confere um caráter aberto, exposto diretamente à ação das ondas de energia média a elevada (Tomazelli & Villwock, 1992). Essa exposição às ondas, associada à abundância de areia de granulação fina e a uma amplitude baixa das marés, é o fator que faz com que, na maior parte do tempo, as praias se

comportem como praias dissipativas, dentro do esquema de classificação proposto por Wright e Short (1983) (Tomazelli & Villwock, 1992). As praias dissipativas ocorrem somente em locais com areia fina (diâmetro < 0,2mm) e ondas relativamente altas (> 2,5m) e com períodos preferencialmente curtos, como em eventos de tempestade. São caracterizadas por serem largas (podem ter mais de 100m de largura), e com declividade baixa desde o pé das dunas até a zona de “swash” (zona de varrido) (Short, 1999). A areia fina encontra-se compactada e firme o suficiente para a passagem de carros (Short, 1999). Segundo Toldo Jr. (comunicação oral) as praias do RS podem comportar-se como praias dissipativas e como praias com bancos longitudinais, de acordo com a classificação de Wright e Short (1983).

De acordo com a Tábua de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha do Brasil, os registros efetuados na costa do Rio Grande do Sul mostram que as marés astronômicas são de pequena amplitude e secundárias em relação às variações associadas à ação de agentes meteorológicos, como vento e pressão atmosférica (Tomazelli & Villwock, 1992). Dessa forma, são as marés meteorológicas que determinam o grau de sobrelevação do mar e de retrabalhamento das praias, pois magnificam a ação das ondas e das marés astronômicas que possuem uma amplitude muito pequena (Tozzi, 1999). Elas resultam da ação de fortes ventos associados a tempestades, que ocorrem dentro ou próximo à região costeira sobre o nível da água (Tomazelli & Villwock, 1992).

As ondas de tempestade, embora de baixa frequência, correspondem às ondas de maior energia que atingem a região costeira do Rio Grande do Sul (Tomazelli & Villwock, 1992). Estas ondas normalmente se associam a expressivas elevações do nível do mar durante os períodos de tempestade e, via de regra, causam importantes impactos na costa, promovendo intensos processos erosivos e grande movimentação do material sedimentar junto à praia água (Tomazelli & Villwock, 1992).

O termo ressaca tem sido amplamente utilizado para denominar as tempestades costeiras que alteram o regime energético da costa com ondas maiores de 1,6 m, induzindo inundações no pós-

praia (Nicolodi,1999). Não há, até agora, estudos sobre a sua magnitude ao longo da costa do Rio Grande do Sul. No entanto, Motta (1967 apud Tomazelli & Villwock, 1992) registrou que à profundidade de 20 m, alturas de ondas de 4 m ocorrem pelo menos uma vez por ano e que a altura máxima de 7 m apresenta um período de ocorrência provável de cerca de 30 anos.

Em latitudes médias, estas condições meteorológicas são denominadas de tempestades extratropicais, e representam ondas baroclínicas com escala espacial da ordem de 1500 km associadas a um ciclone (baixa pressão) em superfície (Nicolodi, 1999). No continente sul-americano, as tempestades extratropicais trazem condições de tempo bom sob influência do anticiclone polar (alta pressão), mas, no oceano, o ciclone (baixa pressão) produzem fortes ventos de Sul/Sudeste que geram marés meteorológicas e impacto nas praias (Nicolodi, 1999).

Os eventos de ressaca têm seu período mais destrutivo com duração aproximada de um dia, mas as condições de mar alto com presença marcante de ondas de tempestade podem durar vários dias (Nicolodi, 1999).

Logo após um evento de ressaca, o perfil praiial encontra-se caracteristicamente aplainado, destituído de configurações morfológicas menores em função do efeito erosivo das ondas de tempestade (Tomazelli & Villwock, 1992). Neste momento, não há diferenciação morfológica visível entre o supra-litoral e o médio-litoral (Tomazelli & Villwock, 1992). Entretanto, os efeitos erosivos das marés de tempestade, quando considerados isoladamente, tendem a ser atenuados rapidamente pelo transporte de areia normal e paralelo à praia (Tomazelli *et al.*, 1997).

Em um levantamento da frequência de eventos de ressacas, para uma série de 40 anos (1944 - 1984), no litoral norte do Rio Grande do Sul, Nicolodi (1999) encontrou uma variação sazonal da frequência de ressacas, com predomínio de ocorrência no outono e no inverno, especialmente, nos meses de abril, maio, junho e julho.

Weschenfelder *et al.* (1997) constatou um padrão semelhante para a topografia da praia, com o predomínio de um perfil de acreção no verão e de um perfil de erosão no inverno em um acompanhamento realizado nas praias localizadas entre Imbé e Arroio do Sal, de abril de 1993 a

julho de 1996. Segundo o autor, este padrão bissazonal está relacionado com ondas de energia moderada no verão e ondas mais elevadas e episódios de ressaca no outono e inverno.

Levantamentos diários revelaram que a face praial apresenta um perfil mutante, que se modifica constantemente para atingir o perfil de equilíbrio dinâmico (Weschenfelder *et al.*, 1997). Este, deriva, basicamente da inter-relação entre as partículas sedimentares disponíveis e o regime hidrodinâmico atuante (Weschenfelder *et al.*, 1997).

A praia de Rondinha fica localizada no litoral norte do Rio Grande do Sul, na região sul do Brasil (Figura 2). Na praia de Rondinha, existe um cordão longitudinal de dunas, paralelo à linha d'água. Estas dunas possuem altura média de cerca de 2m e, estão relativamente bem conservadas, possuindo vegetação nativa. O cordão de dunas possui interrupções por onde a água da chuva é drenada em direção ao mar em períodos de muita chuva, formando pequenos córregos em direção ao mar, os chamados sangradouros. Essas zonas são rebaixadas, ficando no mesmo nível de inclinação da faixa praial. As zonas de interrupção das dunas também são utilizadas pelos veranistas como passagem quando estes descem para a praia. Na Figura 3 pode-se ver a praia em diferentes situações.

1.2. Clima

O clima da região é controlado por massas de ar de origem tropical marítima e polar marítima (Hasenack & Ferraro, 1989). No outono-inverno, quando o anticiclone de Santa Helena está mais deslocado para o norte, a área passa a receber Ciclones e Anticiclones Migratórios Polares, associados à descontinuidade da Frente Polar. À medida que estes percorrem superfícies mais aquecidas, instabilizam-se, gerando precipitação do tipo frontal. Os ciclones conduzem atrás de si os Anticiclones Migratórios responsáveis pela queda da temperatura e pela estabilidade após a passagem da frente (Hasenack & Ferraro, 1989).

O clima da região é do tipo Subtropical úmido (Cfa) segundo a classificação de Köppen. As temperaturas médias do mês mais quente superam os 22°C e as do mês mais frio situam-se entre – 3°C e 18°C. A precipitação é uniforme durante todo o ano. No inverno, porém, mostra um pequeno aumento. Entretanto, períodos ocasionais de seca podem ocorrer. A temperatura média anual situa-se em torno de 20°C (Hasenack & Ferraro, 1989).

O vento é predominantemente de nordeste, sendo que no inverno os ventos alternam-se entre nordeste e oeste (Hasenack & Ferraro, 1989).

1.3. Insetos marinhos

Os insetos constituem acima de 75% de todas as espécies animais descritas, possuindo uma rica variedade de formas, cores e adaptações ecológicas que excedem qualquer outro grupo animal (Cheng, 1976). Entretanto, eles parecem ter falhado na ocupação dos mares e oceanos mundiais. Cerca de 3% dos insetos, o que equivale a cerca de 30.000 espécies, são aquáticos ou possuem larvas aquáticas; no entanto, acredita-se que apenas algumas centenas de espécies ocuparam o ambiente marinho (Cheng, 1976).

Talvez por isso, os insetos marinhos tenham sido praticamente ignorados na maior parte dos livros de entomologia ou mesmo de invertebrados marinhos. No entanto, a compilação de algumas listas regionais de insetos marinhos indica a existência de faunas potencialmente ricas, praticamente não estudadas (Cheng, 1976). A distinção entre insetos marinhos e não-marinhos é arbitrária. Cheng (1976) define como “insetos marinhos” aqueles insetos que vivem sob influência do mar. Já Doyen (1976), considera marinhas apenas as espécies que ficam submersas em marés altas. Entre estas encontram-se representantes de Collembola, Tysanura, Hemiptera, Trichoptera, Diptera e Coleoptera (Cheng, 1976). No presente trabalho, adotou-se a definição de Cheng (1976). Assim sendo, considera-se espécies marinhas, aquelas que vivem e se reproduzem no supra-litoral, local de grande influência marinha.

Não se tem conhecimento de nenhum inseto marinho que permaneça submerso em água do mar por todas as suas fases de desenvolvimento. O relato de que *Pontomyia* (Diptera:Chironomidae) passava toda a sua vida submerso (Buxton, 1926) foi desmentido por Tokunaga (1932). Entretanto, apesar de não viverem diretamente dentro do mar, há muitos insetos que vivem fortemente associados ao mesmo durante todas as fases do desenvolvimento, como o gênero *Halobates* (Hemiptera:Gerridae), que passa toda a sua vida sobre a superfície do mar, a milhares de quilômetros da terra, e vários outros insetos que vivem nas zonas intertidais, nas marismas, nos mangues e estuários (Cheng, 1976).

Até o ano de 1976, data de publicação da única compilação sobre insetos marinhos, realizada por Cheng, havia pelo menos 50 espécies de Coleoptera, de 11 famílias, descritas como obrigatoriamente marinhas (Doyen, 1976). Entre elas está a família Heteroceridae, com duas espécies do gênero *Heterocerus*.

Com toda a variedade de insetos existente no ambiente terrestre e aquático de água doce, parece impressionante que tão poucos insetos tenham se adaptado ao ambiente marinho. O entendimento da não ocupação do ambiente marinho pelos insetos é uma questão ainda muito controversa e que está longe de ser esclarecida.

Para que um inseto pudesse ocupar o ambiente marinho, necessitaria passar por diferentes obstáculos físicos, químicos e biológicos. Não bastaria ultrapassar apenas alguns desses obstáculos, mas todos. Uma das barreiras existentes é a energia das correntes, marés e ondas. Entretanto, estas não parecem ser limitantes para a ocupação dos insetos, uma vez que há insetos habitando ambientes de forte energia, como rios com corredeiras onde a energia mecânica é mais alta que nos oceanos; também há diversas espécies de Collembola, Coleoptera e Diptera, vivendo na zona intermareal, onde encontram ondas com maior energia do que encontrariam abaixo da zona de maré (Buxton, 1926).

Pruthi (1932) colocou que a causa da não ocupação dos oceanos por insetos poderia ser a baixa concentração de cálcio encontrada nos oceanos. Ele argumentou que muitos insetos vivem em

ambientes com salinidade igual ou até muitas vezes superior à marinha, indicando não ser a alta salinidade a barreira para a ocupação. Entre o outono de 1930 e abril de 1931, Pruthi encontrou diversos insetos, entre eles hidrofílicos e larvas de dípteros, ocupando águas salobras com salinidade 2 a 5 vezes superiores à marinha em Salt Range, Punjab, Índia. Em uma comparação química entre a água de Salt Range e de diferentes oceanos do mundo, ele encontrou como principal diferença entre as duas a baixa concentração de cálcio existente nos oceanos.

Essa hipótese foi contestada por Thorpe (1932), uma vez que ele encontrou várias espécies de Coleoptera (Dytiscidae e Hydrophilidae), Hemiptera (Corixidae) e Diptera em águas com igual ou superior salinidade que a marinha, mas com concentrações de cálcio inferiores às aquelas usualmente encontradas no mar. Além disso, ele cita o Mar Cáspio como um exemplo de salinidade baixa e elevada concentração de cálcio, sem a ocorrência de insetos.

Por último, Usinger (1957) sugeriu que o grande sucesso dos crustáceos no ambiente marinho pudesse ter limitado a invasão dos insetos devido à competição e à predação.

Os insetos, primitivamente terrestres, tiveram que resolver inúmeros problemas ecológicos, fisiológicos e físicos para retornar ao ambiente aquático de água doce; para isso, foram necessários ambientes intermediários, que serviram de ponte entre ambos os ambientes. Entre o ambiente terrestre e o marinho, os estuários, as marismas, os mangues e as zonas intertidais poderiam estar atuando como pontes (Cheng, 1976). Esse fato sugere que a ocupação dos oceanos pelos insetos pode ser apenas uma questão de tempo.

Apesar da restrita ocupação do ambiente marinho, vários insetos são bastante comuns em praias arenosas na parte superior da zona entre-marés e no supra-litoral. A diversidade destes insetos é tamanha, que as listas encontradas até o momento, apesar de extensas, são muito incompletas (Brown & McLachlan, 1990). Em relação aos coleópteros, as praias arenosas suportam numerosas e diversas espécies, sendo que as famílias mais frequentes são Cicindelidae e Staphylinidae (Brown & McLachlan, 1990).

1.4. Adaptações para viver em zonas de forte influência marinha

Devido à grande instabilidade dos ambientes ocupados pelos insetos marinhos, os mesmos tiveram que adotar algumas estratégias para sobreviver. A maior parte delas vive enterrada, possui uma tolerância ambiental bastante grande (Brown & McLachlan, 1990) e suporta curtos períodos de imersão (Buxton, 1926). A construção de túneis é uma forma de escapar de inundações, de altas temperaturas e de dessecação (Brown & McLachlan, 1990).

B. spectabilis (Staphylinidae), que habita marismas na Ilha de Scolt Head, na costa de North Norfolk, Inglaterra, previne inundação e anoxia quando a maré sobe através do efeito de tensão superficial provocado no túnel e pelo seu fechamento (Wyatt, 1986). Estudos de respostas fisiológicas à submersão realizados por Evans *et al.* (1971) com as espécies *Heterocerus fenestratus* (Heteroceridae), *B. spectabilis*, *Dichirotrichus pubescens* (Carbidae) e *Cillenus lateralis* (Carbidae), na mesma localidade, indicaram que o modo subterrâneo de vida efetivamente previne exposição direta dos mesmos à água do mar durante a maré alta. A dificuldade de a água do mar penetrar nos sistemas de túneis construídos por eles facilita a permanência de ar dentro destes (Evans *et al.*, 1971).

Segundo Evans (1988), os insetos de praia reconhecem aleloquímicos do habitat e agregam-se em áreas onde estes componentes são emitidos pela microflora residente.

1.5. O estudo da fauna de insetos marinhos no Brasil

Apesar de o Brasil apresentar um litoral tão extenso e diversificado, chama a atenção a baixa quantidade de publicações relacionadas ao assunto, mostrando uma vasta lacuna a ser preenchida em trabalhos futuros.

Alguns trabalhos de ecologia de macrofauna de praia citam os insetos, especialmente os coleópteros como ocupando o ambiente superior da praia. Borzone & Souza (1997) encontraram *B. bonarensis* no Balneário de Atami (PR); Veloso *et al.* (1997) cita os coleópteros *Phaleria testacea*

(Tenebrionidae) e *B.bonarensis* para Prainha (RJ). Caldas (1991) estudou a distribuição espacial e a razão de sexos em *P.testacea* na praia de Botafogo no Rio de Janeiro.

No Rio Grande do Sul, o primeiro trabalho sobre a fauna do litoral, realizado por Gliesch (1925) em Torres, cita a ocorrência de uma espécie de Diptera marinha. É a chamada mosca-salina (*Echydra* sp.) que ocorre em poças de maré (Gliesch, 1925). No mesmo trabalho, Gliesch (1925) ainda cita algumas espécies de insetos para as dunas, entre elas alguns coleópteros. Para a faixa praial, entretanto, Gliesch (1925) não cita nenhuma espécie de inseto.

Mais tarde, Gianuca (1998) realiza estudos faunísticos no supra-litoral e nas dunas em Cassino (RS), demonstrando que os animais que tiveram maior sucesso na ocupação destes locais no RS também foram os insetos. As principais espécies encontradas pelo autor no supra-litoral foram: *P.testacea*, *B.bonarensis*, *B.microcephalus*, *B.fernandezii*, *Cicindela nivea conspersa*, e *C.patagonica* (Cicindelidae). Nas depressões que drenam a água por entre as dunas, Gianuca (1998) registra uma associação de insetos, onde as espécies mais comuns são os besouros *E.freudei* e *Paracymus rufocinctus* (Hydrophilidae) e o ortóptero *Neotridactylus carbonelli* (Tridactylidae). Já nas áreas mais secas, ao lado das bordas dos sangradouros, foram encontradas as espécies: *E.freudei*, *B. bonarensis*, *B. microcephalus* (Staphylinidae) e *Schizogenius costiceps* (Carabidae) (Vanin *et al.*, 1995).

Os primeiros registros de *E.freudei* são para Maldonado (Uruguai), 1941 e para Torres (RS), em 1959 (Pacheco, 1973). Posteriormente, há registros para Guarujá (SP) e Cassino (RS) (Gianuca, 1987; Vanin *et al.*, 1995) e para Rondinha (RS) (Schreiner & Ozorio, 1997).

Vanin *et al.* (1995) em estudos realizados na praia de Cassino (RS) e Guarujá (SP) encontrou *E.freudei* restrito à parte superior da praia, onde estes constroem seus túneis característicos na superfície da areia. Durante os períodos de chuva, sua distribuição alcançou a zona supra-litoral e outras partes da praia, saturadas de água. Na estação seca, eles se concentraram nas poucas regiões úmidas da praia. Segundo os autores, eles evitam água salgada e, nas ocasiões de ressaca, os adultos migram para regiões mais secas e protegidas da ação das ondas pelas dunas

frontais. Adultos e larvas parecem se alimentar de detritos orgânicos, algas psâmicas e protozoários associados à camada superficial do substrato (Vanin *et al.*, 1995). Na área em que a espécie constrói seus túneis, há grande quantidade de detritos orgânicos, bactérias e diatomáceas e outras algas que formam um tipo de filme, que muitas vezes une as partículas e dá uma coloração peculiar à areia (Vanin *et al.*, 1995).

Vanin *et al.* (1995) cita como predadores de *E.freudei* aves, como *Charadrius collaris*, *Calidris fuscicollis* e *Pluvialis dominica*; o coleóptero *Cicindela patagonica* e os sapos *Bufo arenarum arenarum* e *Leptodactylus ocellatus*.

Para a praia de Rondinha, Schreiner e Ozorio (1997), estudando o supra-litoral no verão, encontraram uma associação de invertebrados também constituída por insetos: *E.freudei*, *N.carbonelli* (Tridactylidae), *Scapteriscus riograndensis* (Gryllotalpidae), *B.bonarensis* (Staphylinidae), *Bembidion* sp. (Carabidae), um dytiscídeo, um formicídeo e um dermáptero ainda não identificados. Dessas, *E.freudei* foi a mais abundante em toda a área estudada. Por isso, *E.freudei* foi escolhida como tema para a presente dissertação de mestrado.

2. 1. Objetivos gerais

- Compreender melhor a relação existente entre a espécie *E.freudei* e o ambiente de praia.
- Contribuir para o conhecimento da fauna de insetos das praias brasileiras.
- Fornecer subsídios para a elaboração de planos de manejo para as praias gaúchas.

2.2. Objetivos específicos

- Verificar o efeito da inundação por água do mar sobre os adultos de *E.freudei*, através de experimentos de laboratório e observações de campo após marés de tempestade.
- Caracterizar os tipos de túneis construídos por *E.freudei* no que se refere a sua morfologia e possível utilização.

- Descrever a dinâmica populacional de *E.freudei* na praia de Rondinha no período de um ano.
- Analisar o padrão de distribuição espacial e temporal dos indivíduos em função de parâmetros ambientais da praia, como morfologia da praia, umidade do sedimento, variação na linha da praia, marés de tempestade, chuvas e coloração da areia.

3. Metodologia Geral

Para estudar a sobrevivência e o comportamento dos adultos de *E. freudei* diante de um evento de ressaca foram realizadas observações de campo e foi montado um experimento de inundação com água do mar em laboratório (Figura 4a). O experimento foi realizado em dois diferentes graus de intensidade: um ameno e outro violento. Ambos os graus de intensidade foram testados para cinco diferentes períodos de submersão: 0, 12, 18, 24 e 30 horas. Após a inundação (t_0), contou-se o número de indivíduos que haviam saído de seus túneis. Após, as unidades experimentais foram desmontadas de acordo com o período de duração que lhes fora determinado, registrando-se os indivíduos mortos e vivos e a localização dos mesmos, se flutuantes sobre a água ou enterrados no sedimento.

Os túneis da espécie foram desenhados e medidos para os diferentes estágios de desenvolvimento de *E. freudei* e para diferentes localizações no perfil da praia. Blocos de areia foram extraídos em locais onde havia vestígios de túneis (Figura 4b). Estes blocos foram partidos ao meio (Figura 3c) e então, foram tomadas as medidas de profundidade máxima em relação à superfície, diâmetro máximo do túnel e diâmetro da abertura do mesmo.

Para a parte de dinâmica populacional, foram realizadas amostragens quinzenais pelo período de um ano – junho de 1999 a julho de 2000 - na praia de Rondinha, no litoral norte do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil. As mesmas foram realizadas numa área fixa de 6m de largura por 75m de comprimento, perpendicular à linha da praia. Esta área foi subdividida em 5 estratos, da

parte superior da praia em direção ao mar. Em cada ocasião de amostragem eram sorteados 7 pontos em cada um dos estratos. Em cada um destes pontos, uma amostra de sedimento era extraída com um amostrador de 0,098 cm de diâmetro e 5cm de profundidade (Figuras 4d e 4e). Esta parcela de sedimento era então, lavada no mar com uma peneira de 300 μ m (Figura 4f). Logo após, os insetos eram quantificados, levando-se em consideração o estágio de desenvolvimento, e liberados no local de coleta. A localização e o tamanho da mancha composta pelos indivíduos de *E.freudei* em uma área mais ampla também foi acompanhada. Alguns parâmetros ambientais como umidade e coloração do sedimento, variação na linha d'água, ocorrência de ressacas, passagem de sangradouro, precipitação pluviométrica e temperatura média mensal também foram considerados.

4. Síntese dos resultados

A sobrevivência dos adultos de *E.freudei* no experimento foi de 100% para todos os tratamentos. Durante o despejo da água para a simulação da inundação, alguns indivíduos subiram até a superfície de água e levantaram vôo.

Em t_0 , o percentual de indivíduos que subiu até película de água foi maior na inundação violenta do que na amena.

Para os períodos de inundação subseqüentes, não houve diferença entre as intensidades de inundação, mas sim em relação à duração da inundação. À medida esta aumentava, o percentual de indivíduos que permaneciam enterrados diminuía gradativamente, chegando a 0,00% em 30 horas.

Em relação aos túneis construídos pela espécie, foram encontrados três tipos de túneis com algumas variações: túneis horizontais, túneis verticais com uma saída e túneis verticais com duas saídas.

Os túneis horizontais ficam sobre a superfície da areia e podem apresentar ramificações. Eles são resultantes do deslocamento dos indivíduos de *E.freudei* na camada superficial da areia.

Os túneis verticais apresentam outra estrutura: são formados por um túnel mais estreito, cuja inclinação varia entre 90° e 45° em relação à superfície da areia. Na sua extremidade inferior, este

túnel possui um alargamento, formando uma câmara oval ou esférica de diâmetro maior que o túnel de acesso. Estes túneis não apresentam ramificações.

Os túneis verticais mais profundos foram os de posturas, seguidos pelos adultos, pupas e larvas.

As câmaras dos túneis verticais de posturas apresentaram o maior diâmetro, seguidos pelas pupas e adultos.

A abertura dos túneis verticais foi menor que a dos túneis horizontais.

Quanto ao período do ano, no inverno, foram encontrados predominantemente túneis verticais na praia. Na primavera, no verão e no outono foram encontrados túneis horizontais e verticais simultaneamente.

Em relação à distância do mar, os túneis dos adultos foram mais profundos próximos ao mar do que distantes deste.

A distribuição de *E. freudei* na praia apresentou um padrão agregado, formando manchas de ocorrência na praia. A localização e o tamanho destas manchas variou conforme a época do ano e a topografia da praia. No inverno ela esteve retraída na parte superior da praia e na região de interrupção do campo de dunas. A partir da primavera houve uma migração para a parte central da praia. No verão a mancha alcançou seu tamanho máximo, chegando na parte inferior do supralitoral. A partir do outono foi verificado o deslocamento da mancha para a região superior da praia.

Durante o inverno foram encontrados apenas indivíduos adultos na praia. Os estágios imaturos começaram a ocorrer a partir de setembro e foram encontrados na praia até o outono do ano seguinte.

Os picos de densidade para posturas e larvas foram no verão, enquanto os picos de densidade média de pupas e adultos foram no outono.

As densidades máximas por unidade de amostragem foram: 1644,7 adultos/m²; 153,5 posturas/m²; 2171,1 larvas/m² e 943,0 pupas/m².

A densidade média de indivíduos foi maior nos locais onde a areia apresentava-se marrom ou verde.

Houve correlação positiva entre a umidade do sedimento e a densidade média de posturas, larvas e pupas de *E.freudei*.

Comparando-se a densidade média de adultos ocorrida em junho e julho de 1999 e junho e julho de 2000, pode-se perceber que a densidade média foi muito maior em 2000 em relação a 1999.

Impactos localizados na praia, como períodos de chuva intensos, e a conseqüente passagem de um sangradouro pela área provocaram reduções de até 100% na densidade média.

As ressacas, ao contrário, no período estudado, não tiveram uma influência tão severa sobre a densidade, uma vez que os eventos de ressaca registrados antes de datas de amostragem não provocaram reduções significativas nas densidades médias de *E.freudei*.

1.5 Referências Bibliográficas

- BORZONE; C. A. & SOUZA, J.R.B. 1997. Estreutura da macrofauna bentônica no supra, meso e infralitoral de uma praia arenosa do sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**. **3**:197-212.
- BROWN, A.C. & MCLACHLAN, A. 1990. **Ecology of Sandy Shores**. Amsterdam, Elsevier. 327p.
- BUXTON, P.A. 1926. The colonization of the sea by insects: with an account of the habits of *Pontomya*, the only known ubmarine insect. **Proc. Zool. Soc. Lond.** 807-814.
- CALDAS, A. 1991. Distribuição espacial e razão de sexos em *Phaleria testacea* Say, 1924 (Coleoptera, Tenebrionidae) na praia de Botafogo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**. **35**(4):795-798.
- CHENG, L. 1976. Inects in marine environments. P.1-4. In: CHENG, L. (Ed.). **Marine insects**. North-Holland Publishing Company. 581p.

- DOYEN, J.T. 1976. Marine Beetles (Coleoptera excluding Staphylinidae). P. 497-519. In: CHENG, L. (Ed.). **Marine insects**. North-Holland Publishing Company. 581p.
- EVANS, P.D., RUSCOE, C.N.E. & TREHERNE, J.E. 1971. Observations on the biology and submergence behaviour of some littoral beetles. **J.mar. biol.Ass. U.K.** **51**:375-386.
- EVANS, W.G. 1988. Chemically mediated habitat recognition in shore insects (Coleoptera: Carabidae; Hemiptera: Saldidae). **Journal of Chemical Ecology**. **14**(5):1441-1455.
- GERLACH, S.A. 1994. **Spezielle Ökologie: marine Systeme**. Berlim, Springer. 226p.
- GIANUCA, N.M. 1987. Zonação e produção nas praias arenosas do litoral Sul e Sudeste do Brasil: Síntese dos conhecimentos. **Simpósio sobre Ecossistemas da costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos conhecimentos**. **1**:313-332.
- GIANUCA, N.M. 1997. A fauna das dunas costeiras do Rio Grande do Sul. **Oecologia Brasiliensis**. **3**:121-133.
- GIANUCA, N.M. 1998. Invertebrados bentônicos da praia. P.127-130. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. (Eds.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Ecoscientia. 326p.
- GLIESCH, R. 1925. **A fauna de Torres**. Porto Alegre, Oficinas Graphicas da Escola de Engenharia de Porto Alegre. 75p.
- HASENACK, H. & FERRARO, L.W. 1989. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. **Pesquisas**. **22**:53-70.
- MOTTA, V.F. 1967. **Estudo em modelo reduzido da regulamentação da embocadura lagunar de Tramandaí (Rio Grande do Sul)**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS. (Inédito).
- NICOLODI, J.L. 1999. **As ressacas no litoral norte do Rio Grande do Sul. O exemplo de Cidreira, RS**. Trabalho de conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. UFRGS.

- PACHECO, F. 1973. Tres nuevas especies sudamericanas de *Efflagitatus* Pacheco (Heteroceridae: Coleoptera). **Agron. Sulriogr. IX(1):11-18.**
- PRUTHI, H.S. 1932. Colonization of the sea by insects. **Nature. 130:312.**
- SCHREINER, R. & OZORIO, C.P. 1997. Observações sobre a fauna de insetos do supralitoral na praia de Rondinha, RS, Brasil. **Resumos do IX Salão de Iniciação Científica – UFRGS.** p. 189.
- SHORT, A.D. 1999. Wave-dominated beaches. p.173-203. In: SHORT, A.D. (Ed.) **Handbook of beach and Shoreface morphodynamics.** Chichester, John Wiley & Sons. 379p.
- THORPE, W.H. 1932. Colonization of the sea by insects. **Nature. 130:629-630.**
- TOKUNAGA, M. 1932. Morphological and biological studies on a new marine chironomid fly, *Pontomyia pacifica*, from Japan. **Mem. Coll. Agric., Kyoto Imp. Univ. 19:1-56.**
- TOMAZELLI, L.A. & VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praias e deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas. 19(1):3-12.**
- TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A.; DILLENBURG, S.R.; BACH, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1999. A erosão costeira e a transgressão marinha atual da costa do Rio Grande do Sul. **Anais do VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Curitiba, Paraná, Brasil.**
- TOZZI, H.A.M. 1999. **Influência das tempestades extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS. Campanha de outono e inverno de 1996.** Instituto de Geociências, UFRGS. Tese de Mestrado. 115p.
- USINGER, R.L. 1957. Marine insects. **Geol. Soc. Am. Mem. 67(1):1177-1182.**
- VANIN, S.A.; COSTA, C. & GIANUCA, N.M. 1995. Larvae of neotropical Coleoptera XXI: Description of immatures and ecology of *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Dryopoidea, Heteroceridae). **Iheringia, Sér. Zool. 78:99-112.**

- VELOSO, V.G.; CARDOSO, R.S. & FONSECA, D.B. 1997. Spatio-temporal characterization of intertidal macrofauna at Prainha Beach (Rio de Janeiro State). **Oecologia Brasiliensis**. **3**:213-225.
- VIEIRA, E.F. & RANGEL, S.R.S. 1988. **Planície Costeira do Rio Grande do Sul – Geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica**. Porto Alegre, Sagra. 256p.
- WESCHENFELDER, J.; ZOUAIN, R.N.A.; ZOMER, S.L.C.; SOUTO, R.P. 1997. Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. **Notas técnicas**. 10:35-48.
- WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1983. Morphodynamics of Beaches and Surf Zones in Australia. p.35-64. In: KOMAR, P.D. (Ed.). **CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion**. Boca Raton, CRC Press.
- WYATT, T.D. 1986. How a subsocial intertidal beetle, *Bledius spectabilis*, prevents flooding and anoxia in its burrow. **Behav. Ecol. Sociobiol.** **19**:323-331.



a



b



c



d

Figura 1: *Eflagitatus freudei* a) adulto b) postura c) larva d) pupa



Figura 3: a) Vista geral da praia de Rondinha. b) Praia em situação de ressaca. c) Praia com perfil erosivo. d) Zona de interrupção do campo de dunas.



Figura 4: a) Unidades amostrais utilizadas no experimento de inundação. b) Extração do bloco de areia para medida da profundidade dos túneis. c) Bloco de areia partido ao meio com dois túneis verticais à mostra. d) e e) Coleta de sedimento. f) Lavagem do sedimento no mar para a extração de areia.

Artigo 1

Behavior and survival of the marine beetle *Efflagitatus freudei* (Heteroceridae) in a seawater flood event

Abstract

The sea frequently floods the area of occupation of the beetle *Efflagitatus freudei* (Heteroceridae), during periods of storm surges or spring tides. An experiment was undertaken in order to understand how adults survive a sea flood. In this experiment, two flood intensities were tested - mild and violent - in different periods: 0, 12, 18, 24 and 36 hours. Field observations during and after flood events at the seashore were also registered. Survival in the flood experiment was 100%. Experimental results, as well as observations, showed that adults of *E. freudei* present two main patterns of behaviour when facing a flood event: a) they remain buried; b) they leave the area. If the air available within their burrows is enough, animals remain buried during the flood period. However, as the air runs out, insects adopt the second strategy, which is to leave the burrow. This way, as the flood period increases, the percentage of individuals that remain buried decreases, reaching 0% in 30 hours. If the flood affects the burrow structure, the second strategy is immediately adopted by the organisms.

Index Words

Intertidal, sandy beach, insect, Coleoptera, storm surge,

Resumo

A área de ocupação do coleóptero *Efflagitatus freudei* (Heteroceridae) frequentemente é inundada pelo mar, em ocasiões de marés de ressaca ou de sisígia. Para compreender como os

adultos sobrevivem à inundação pela água do mar foi elaborado um experimento, no qual foram testadas duas intensidades de inundação, uma amena e outra violenta, para diferentes períodos de inundação: 0, 12, 18, 24 e 36 horas. Também foram realizadas observações de campo durante e após eventos de inundação na praia. A sobrevivência ao experimento de inundação foi de 100%. Os resultados do experimento, juntamente com as observações feitas em campo, mostraram que os adultos de *E. freudei* apresentam dois padrões de comportamento diante de um evento de inundação: a) permanecem enterrados; b) abandonam a área. Se o suprimento de ar dentro do túnel é adequado, os animais permanecem enterrados durante o período de inundação. Porém, à medida que o ar se esgota, os insetos passam a adotar a segunda estratégia, isto é, deixam o túnel. Dessa forma, com o aumento do período de inundação diminui o percentual de indivíduos que permanecem enterrados, chegando a 0% em 30 horas. Se a integridade do túnel é afetada pela inundação, de imediato a segunda estratégia é adotada pelos organismos.

Introduction

In spite of the great success of insects in terrestrial and aquatic environments, only few species are found in marine environments, including intertidal zones (Cheng, 1976). Several coleopteran species make up an important part of the beach fauna, occupying wide shore extensions and reaching high densities. That is why these are such interesting study subjects, concerning the understanding of the adaptations that allowed these insects to live in environments with such extreme environmental conditions as those imposed by the intertidal zone.

Efflagitatus freudei, Pacheco 1973, is a typical beetle of the intertidal zone that lives buried in sand burrows. The area it occupies is covered by the seawater in events of spring or meteorological tides, the so-called storm surges, when the sea reaches the foredunes. Depending on the dimension of the storm surge, the amount of sand removed may be very high, and the seashore can be markedly affected. The period of a storm surge may vary from 12 to more than 60 hours, in

extreme situations (Calliari et al., 1998). However, to the present, there are no studies about magnitude and frequency of storm surges at shores of Rio Grande do Sul state (Tomazelli & Villwock, 1992). Vanin et al. (1995) mentioned in studies on *E. freudei* carried out at Cassino Beach (RS) and Guarujá (SP, Brazil, that with stormy seas, the adult population migrates to wet slacks, protected from wave action by the foredunes. However, previous observations on this organism, at Rondinha Beach (RS), Brazil, gave no indication of change in the species distribution soon after storm events.

Studies on physiological responses to floods carried out by Evans et al. (1971) with four coleopteran species (*Heterocerus fenestratus*, *Bledius spectabilis*, *Dichirotrichus pubescens* and *Cillenus lateralis*) on salt-marshes at Scolt Head Island, North Norfolk coastline, England, revealed that the subterranean mode of life largely prevents direct exposure of the beetles to the sea water in natural conditions. The burrows the insects build, restrains the entrance of seawater and maintains air deposits within them. Wyatt (1986), also working at the salt-marshes at Scolt Head, mentioned that *Bledius spectabilis*, also avoid flooding and anoxia when the tide comes by the surface tension effect due to the narrow burrow neck and by blocking its entrance. Just like *Bledius*, other intertidal organisms can use the same mechanism to avoid flooding their burrows (Wyatt, 1986).

The present work aimed to evaluate *E. freudei* adult survival and describe its behaviour through a flood event.

Material and Methods

To study the survival and behavior of *E. freudei* adults in a storm surge event, field observations and a laboratory simulation of a flood with seawater were carried out.

Before defining the final experimental design, a pilot experiment was carried out in January, 2000, when two flooding intensities - mild and violent - were tested for two different flood periods – 12 and 24 hours, against unflooded controls. For each combination of intensity and

duration and for the control, 3 replicate were set, with 5 *E. freudei* adults in each. Based on the results obtained from these observations, the design below was devised.

Individuals used in the experiment were collected at Rondinha Beach, Arroio do Sal, at Rio Grande do Sul north costline (29°29'55"S - 49°50'47"W). Field observations were carried out at the same place in March and July 2000. Each experimental unit consisted of a plastic pot, 8cm in diameter, filled up to 5cm with wet sand from the beach. Psamic algae were added to the sand and a day later five *E. freudei* adults were sit in each pot. They were left to acclimate, within the pots for 24 hours before the flooding, so that the beetles had time to build their burrows. In order to prevent the animals ran away, pots were covered with nylon gauze. All experiments were carried out in the shade.

The flood was simulated taking into account two factors: intensity and duration. Intensity was tested in two levels: mild and violent. For the mild level, seawater was smoothly poured on the plastic pots, taking care not to damage the sand surface, where animals were buried. For the violent flood, seawater was added strongly to the pots, causing damages up to 1cm deep on the sand. The control did not receive seawater, the sand just being kept wet along the experiment period.

Regarding flood duration, the following periods were tested: 0 (immediately after the flood), 12, 18, 24 and 30 hours. For each tested situation there were six replicates, except for t_0 , for which all sample units were considered. On the whole, 72 experimental units were set, making up a total of 360 adults tested. Treatment and exposition period for each experimental unit were assigned randomly. The experimental units were fooded at 2:30pm of the 23 March 2000.

Immediately after flooding the pots (t_0), the number of floating individuals were counted in all sample units. After this, all experimental units were dismantled according to the period set for them, and numbers of individuals (dead or alive) and their location (floating on the water or buried in the sand) registered. Animals which did not move 1 hour after the experimental unit had been dismoounted were considered dead.

Differences observed between flood intensities and duration were assessed by ANOVA.

Results

In the pilot experiment, after 12 hours, survival was 100% in both flood intensities, after 24 hours, survival was of 40% in the mild flood, 30% in the violent and 70% in the control. However, the pilot experiment was carried out under the sun, which heated the pots: this may have influenced *E. freudei* mortality.

For the experiment, carried out in the shade, *E. freudei* adults survival was of 100% for all treatments. During the water pouring, some individuals came up to the water surface and tried to fly away. However, as there was a gauze over the pots, the beetles hit it and fell on the water, and thus they did successively. Over the water the insects kept dry and able to move, even after 30 hours.

Concerning the flood intensity simulated in the experiment, soon after flood (t_0), the percentage of floating individuals that came up to the water surface was significantly higher in the violent flood (26,7%) than in the mild flood (14,17%) ($F=5,099$; $df=1$; $P=0,029$).

In the subsequent flood periods (Table 1), there was no significant differences between flood intensities, but differences were significant in relation to flood duration. As time since flooding increased, the percentage of individuals that remained buried decreased gradually (Figure 1). For 12 hours of flood, the average percentage of buried individuals, for both treatments, was of 28,33%; decreasing to 16,70% for 18 hours, 10,00% for 24 hours and 0,00% for 30 hours.

Table 1: Two flood intensities effect - mild and violent - and, the different flood periods (12, 18, 24 e 30 hours) in the number of buried *E. freudei* adults in experimental units. March, 2000, Rondinha, RS, Brazil (29°29'55"S - 49°50'47"W).

Table with ANOVA results				
Effect	MS	df	F	P
Intensity	0,187	1	0,202	0,656
Period	3,521	3	3,789	0,017
Intensity X Period	0,854	3	0,919	0,440
Residual	0,929	40		

In March 2000, it was observed in field that, with the arrival of a wave up to the supralittoral region, during a weak storm surge, some animals came up to the water surface, flew and landed repeatedly until they found a place that was not saturated with water, where they could bury a tunnel. Another portion of insects remained buried. However, when the sand was disturbed by hand, more individuals came up to the surface, wrapped up in an air bubble. When the bubble reached the surface, it burst and the animals flew away. In other occasions, in pools formed at the supralittoral by the rain water or high tides represented by berm, a similar behavior was observed: adults remained buried under the water, however, when the sediment was disturbed, they left the area flying.

In July 2000, observations made after heavy storm surges, which modified the beach profile, indicated the presence of *E. freudei* adults at the dunes border, up to about 40 cm high, suggesting the beetles migrated due to the storm surge; some adults however, remained at the flooded area.

It was also observed that *E. freudei* adults present two kinds of burrows: one superficial and branching, possibly used for feeding and, another straight, up to 4,0 cm deep, probably used for protection. Deep burrows are formed by a spherical chamber linked to the surface by a narrower neck, with a diameter smaller than 2,0 mm. Sometimes, the necks which give access to the surface

are closed with sand grains. Immediately after storm surges, only deep burrows were found at the beach.

Discussion

Experimental results, together with field observations, indicated that *E. freudei* adults present two different kinds of behaviour in a flood event: a) remain buried; b) leave the area. For the first strategy, the air contained within the burrows would support the animals respiration demand; as the air is used up, the insects adopt the second strategy. However, if the burrow integrity is affected by the storm, the animal adopts the second strategy, leaving the burrow.

These results support Evans *et al.* (1971) and Wyatt (1989) generalization that the subterranean mode of life successively prevents anoxia. According to these authors, air presence inside the burrows is a determining factor for that. According to Wyatt (1989), the shape and minimum diameter of *Bledius spectabilis* burrows prevented flooding during the initial stages of the tide. Necks of 3 or 4 mm allow the tubes to be completely filled within seconds. *B. spectabilis* behaviour when the tide comes up is to block the burrow entrance with fragments taken out of the walls of the chambers they dwell. This blocking significantly reduces the probability of flooding later in the tide.

The burrows of two other saltmarsh beetles *Heterocerus maritimus* and *H.fossor* show striking similarity with those of *Bledius*: a narrow neck, ca. 2,5 mm in diameter, which leads to a spherical living chamber (Wyatt, 1984). Thus, *E.freudei* can possibly use the same strategy to prevent water flooding during high tide. In the winter, when the frequency of stormy surges is higher, most *E. freudei* burrows are constantly kept closed with sand grains.

Possibly, violent flood causes a high immediate destruction of *E. freudei* burrows, thus causing a high number of adults leaving their sites. In the case of the present experiment, damages to sediment were of only 1 cm deep, not causing destruction of all burrows, since *E. freudei* can bury up to 4 cm deep. However, from the results obtained, we can infer that the more intense the

damage on the substrate in which the animals are buried, the higher will be the percentage of animals that will leave the area. Thus, for each flooding event, different percentages of individuals will leave the area, once the destruction level caused by natural floods is very changeable and it is not regular all over the beach.

Vanin *et al.* (1995) statement that *E. freudei* adults avoid sea water, by migrating to drier regions when the beach is covered by storm surges, can have been originated from the observation of this percentage that leaves the burrows and migrates for upper regions at the beach, including dunes borders. However, results obtained in the present work strongly suggest the *E. freudei* population tend to remain in the flood area. Only if the protection offered by the burrow fails - either by the water entrance, or by its complete destruction - or if the flood lasts long, the animal would use the strategy of migrating to other region to guaranty its survival. Otherwise, it remains buried.

In the case the animal leave the burrow, migration of part of the adult population to upper parts of the beach are helped by the wind force, which at RS north littoral is predominantly NE and E (Tomazelli, 1993).

However, the reason why some individuals leave the burrows during the mild flood is not very clear: it could be either due to the entrance of water in an unclosed burrow or to the adult being located superficially in the burrow, in wich case the amount of air could be insufficient. Winter and summer observations pointed to the two possibilities. In the day of the summer field observation, animals were very active, and part of them were in feeding in superficial burrows when the wave arrived. In this occasion, many insects left the area even with no major disturbance being caused to the sediment, was verified. In the winter observation, *E. freudei* adults activity was lower and all individuals found were in deep burrows, many of which closed with sand grains. In this case, no individuals left the area due to the arrival of a wave.

Burrow abandonment due to water flooding was not observed for any of the species mentioned at Evans *et al.* work (1971). Part of *Heterocerus fenestratus* (16%) population presented

anoxia symptoms when the area occupied by them was covered by the tide for 4 hours; however, they did not leave their burrows (Evans *et al.*, 1971).

Comparing the beach environment where *E. Freudei* occurs with the salt-marshes occupied by *H. fenestratus*, we find many differences that may justify the differences found between the species behaviour in a flood event. Salt-marsh communities develop intertidally in sheltered places, where silt and mud can accumulate (Mann, 1982). Besides that, thick roots of plants found in these places reduce the accumulated sediment erosion (Costa, 1998 & Levinton, 1995). Thus, in this environment, burrows made by *H. fenestratus* are hardly destroyed by the tide raise, and thus support their staying within them.

Sandy beaches occupied by *E. Freudei* at the RS north coastline are strongly influenced by the tide regimen that reach the coast. The storm surges, resulting from strong winds action, and occurring within or close to the coast, cause important impacts on the shore, promoting heavy erosive processes and great sediment material displacement at the beach (Tomazelli & Villwock, 1992), and can easily destroy the species burrows. Thus, the development of the evolutionary strategy of leaving the burrow and finding a more sheltered place can be important for this species endurance during violent storms events, which can very seriously disturb some sittings of *E. Freudei* occurrence.

1.8. Acknowledgments

We thank Sergio Vanin Ph.D. for the identification *Efflagitatus Freudei* adults and CAPES for the scholarship grant for the development of this work.

1.9. Literature cited

- CHENG, L. 1976. Insects in marine environments. In: CHENG, L. **Marine insects**. North-Holland Publishing Company. 1-4;
- CALLIARI, L.J., TOZZI, H.A.M. & KLEIN, A.H.F. 1998. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in southern Brazil – Rio Grande to Chuí. **An.Acad.Bras.Ci.** 70(2):231-247;
- COSTA, C.S.B. 1998. Marismas irregularmente alagadas. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. (Eds.) **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Ecoscientia. P.82-87;
- EVANS, P. D., RUSCOE, C. N. E. & TREHERNE, J. E. 1971. Observations on the biology and submergence behaviour of some littoral beetles. **J.mar.biol.Ass.U.K.** 51:375-386;
- LEVINTON, J.S. 1995. **Marine Biology – function, biodiversity, ecology**. Oxford University Press. 420p.
- MANN, K.H. 1982. **Ecology of coastal waters – A Systems Approach**. Blackwell Scientific Publications. 313p.
- TOMAZELLI, L.J. & VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praiar e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas.** 19(1):3-12;
- TOMAZELLI, L.J. 1993. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul. **Pesquisas.** 20(1):18-26;
- VANIN, S. A.; COSTA, C. & GIANUCA, N. M. 1995. Larvae of neotropical Coleoptera XXI: Description of immatures and ecology of *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Dryopoidea, Heteroceridae). **Iheringia, Sér. Zool.** 78:99-112;

WYATT, T.D. 1984. **The ecology of parental care in subsocial saltmarsh beetle, *Bledius spectabilis***. Ph D Thesis. University of Cambridge;

WYATT, T.D. 1989. How a subsocial intertidal beetle, *Bledius spectabilis*, prevents flooding and anoxia in its burrow. **Behav. Ecol. Sociobiol.**19:323-331;

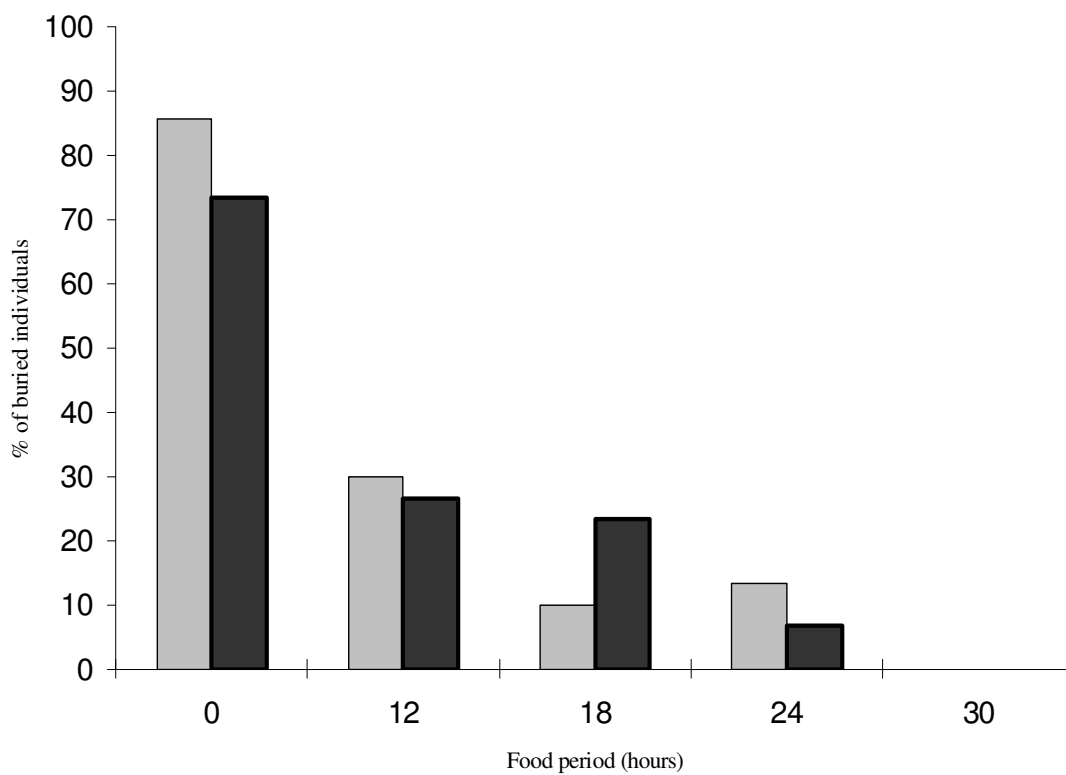


Figure 1: *E. freudei* adults percentage that remained buried in the flood experiment in relation to flood time for both tested intensities - mild and violent. March, 2000, Rondinha Beach, Arroio do Sal, Rio Grande do Sul, Brazil (29°29'55" S - 49°50'47"W).

Artigo 2

Morfologia e utilização de túneis construídos pelo coleóptero de praia *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Heteroceridae)

Resumo

O presente trabalho teve como objetivos caracterizar os tipos de túneis realizados pelo coleóptero de praia *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 no substrato, levando em consideração os estágios de desenvolvimento e a localização na praia. Para tanto, foram realizadas amostragens e observações quinzenais na praia de Rondinha, Arroio do Sal, RS (29°29'55"S - 49°50'47"O), entre junho de 1999 e julho de 2000. Foram encontrados três tipos de túneis: horizontais, verticais com uma saída e verticais com duas saídas. Em relação aos túneis verticais houve diferença na profundidade dos mesmos em relação ao estágio de desenvolvimento e à localização no perfil da praia. Os túneis de posturas foram os mais profundos, seguidos pelos de adultos, pupas e larvas e; os túneis construídos mais próximos ao mar foram mais profundos do que os mais distantes deste. Em relação à utilização dos túneis, os túneis horizontais são, muito provavelmente, túneis de alimentação, enquanto os verticais serviriam de proteção em eventos de inundação.

Palavras-chave

supra-litoral, praias arenosas, insetos marinhos, túnel, Coleoptera

Introdução

A espécie *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973, é uma espécie típica do supra-litoral que ocorre em praticamente todo o litoral do Rio Grande do Sul, em altas densidades -162

indivíduos/m² (Vanin *et al.*, 1995). Seus limites de distribuição registrados na costa do Atlântico são Guarujá, no litoral de São Paulo (Vanin *et al.*, 1995) e Maldonado no Uruguai (Pacheco, 1973).

Um dos aspectos biológicos da espécie, que chama a atenção, é a sua capacidade de construir túneis na areia. Vanin *et al.* (1995) menciona que a espécie constrói túneis característicos, logo abaixo da superfície, e que suas posturas ficam a uma profundidade que varia entre 15 e 30 mm.

A maioria dos insetos que habita as zonas entre-marés vive enterrada no sedimento. Os túneis, construídos por estas espécies, desempenham um papel fundamental para a sobrevivência das mesmas nestes ambientes tão dinâmicos. Entretanto, não há muitas publicações sobre a morfologia e utilização destes túneis. Pode-se citar o pioneiro estudo de Bro-Larsen (1935) que descreve os túneis de diversas espécies de coleópteros presentes nas marismas de Skallingen, na Dinamarca. Mais recentemente, os trabalhos de Evans (1971), Wyatt (1986) e Maitland & Maitland (1994) abordam a morfologia dos túneis como agentes efetivos na prevenção da inundação em períodos de maré alta.

Os objetivos do presente trabalho foram: a) descrever os tipos de túneis construídos por *E. freudei* na areia, levando-se em consideração os estágios de desenvolvimento; b) relacionar o tipo de túnel com sua função; c) verificar se há variação nos tipos de túnel em função da sazonalidade ou da localização na praia.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado na praia de Rondinha, município de Arroio do Sal, no litoral norte do Rio Grande do Sul (29°29'55''S - 49°50'47''W). Rondinha é uma praia dissipativa, governada por regime de micromarés e dominada por ondas. A granulometria da areia é fina. A largura da

faixa praial é de aproximadamente 90 m. Em situações de marés de ressaca ou de sisígia, o mar alcança as dunas, inundando toda a área de ocupação de *E.freudei*.

Os túneis de *E.freudei* foram acompanhados quinzenalmente durante o período de julho de 1999 e dezembro de 2000. Em cada ocasião de amostragem, foram verificados os tipos de túneis construídos pela espécie, quanto a sua orientação em relação à superfície da areia, o número de aberturas, ramificações e a presença de câmaras. Também foram medidos: a profundidade dos túneis, conforme o estágio de desenvolvimento; o diâmetro da câmara, para adultos, posturas e pupas; o diâmetro da abertura dos túneis, para adultos e posturas.

Para verificar a relação da profundidade dos túneis com a localização no perfil da praia, a faixa praial foi dividida em 6 estratos de 15 m de comprimento em direção ao mar. O estrato 0 foi fixado na região mais superior da praia, na zona de interrupção das dunas e o último – estrato 5 - ficou sobre a berma, a cerca de 20m do mar (Figura 1). A profundidade dos túneis de adultos foi medida em cada um desses seis estratos da praia, nos locais em que havia maior densidade de vestígios da espécie.

Foram considerados apenas túneis com insetos no seu interior. A profundidade do túnel foi verificada através da extração e partição de blocos de areia que apresentavam vestígios superficiais dos túneis – como montículos de areia ou alta densidade de túneis horizontais. A profundidade do túnel foi considerada como sendo a medida entre a superfície da areia e a extremidade inferior do túnel.

No total foram medidos 427 túneis de adultos, 27 de posturas, 84 de larvas em três diferentes classes de tamanhos distinguíveis em campo - pequenas (n=19), médias (n=18) e grandes (n=49) - e 17 de pupas. Também foi medido o diâmetro das câmaras dos túneis de adultos (n=17), das posturas (n=17) e das pupas (n=6). Para os adultos, também foi avaliado o diâmetro da abertura dos túneis verticais (n=21) e dos túneis horizontais de (n=13). Para os estratos da praia, foram medidos a profundidade de 20 túneis de adultos no estrato 0; 40 no estrato 1; 84 no estrato 2; 20 no estrato 3; 30 no estrato 4 e 56 no estrato 5.

Alguns túneis foram desenhados.

Os valores de profundidade e diâmetro dos túneis foram transformados em logaritmo e foram testados quanto ao estágio de desenvolvimento e localização na praia através do teste estatístico de Anova e Teste de Contraste LSD.

Resultados

A espécie *E.freudei* apresentou basicamente três tipos de túneis com algumas variações: túneis horizontais, túneis verticais com uma saída e túneis verticais com duas saídas.

Os túneis horizontais (Figura 2) ficam sobre a superfície da areia. São resultantes do deslocamento dos insetos logo abaixo da superfície da areia. Esse deslocamento provoca a elevação de areia nos locais em que o animal passa, formando um túnel que fica acima da superfície da areia. Os túneis horizontais podem abranger áreas grandes e podem apresentar ramificações. O túnel de um indivíduo também pode cortar o de outros, formando grandes “emaranhados” de túneis na praia.

Os túneis verticais apresentam outra estrutura: são formados por um canal, cuja inclinação varia entre 90° e 45° em relação à superfície da areia. Na sua extremidade inferior, este canal possui um alargamento que forma uma câmara oval ou esférica de diâmetro maior que o túnel de acesso. Estes túneis não apresentam ramificações. Para a construção dos túneis verticais, os animais extraem os grãos de areia de dentro destes e os depositam na superfície, originando os vestígios do tipo montículo de areia (Figura 3).

Os diferentes túneis verticais construídos por *E.freudei* podem ser vistos na figura 4.

Na Tabela 1 pode-se ver os valores de profundidade média, valores máximos e mínimos, desvio padrão e número amostral para os túneis verticais dos diferentes estágios de desenvolvimento de *E.freudei*.

Tabela 1: Profundidade média, valores mínimos e máximos, desvio padrão e número amostral (n) dos túneis verticais para os diferentes estágios de desenvolvimento de *Efflagitatus freudei* encontrados na praia de Rondinha, no litoral norte do Rio Grande do Sul (29°29'55''S - 49°50'47''W) de junho de 1999 a dezembro de 2000. Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa (P<0,05).

	Profundidade média (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Desvio padrão	n
Adultos	16,7 a	2,0	45,0	6,4	429
Posturas	21,5 b	8,0	35,0	6,5	27
Larvas pequenas	4,2 c	2,0	8,0	2,0	19
Larvas médias	7,8 d	4,0	11,0	2,3	18
Larvas grandes	12,6 e	5,0	38,0	4,9	49
Pupas	14,9 ea	9,0	22,0	3,4	17

Analisando-se os túneis por estágio de desenvolvimento, pode-se ver que os túneis mais profundos são os das posturas, seguidos pelos de adultos, pupas, larvas grandes, larvas médias e larvas pequenas.

No inverno, em muitas ocasiões, a abertura do túnel vertical individual dos adultos estava bloqueada com grãos de areia (Figura 4b).

Na maior parte das observações, foi encontrado um indivíduo adulto dentro da câmara, juntamente às posturas. Também foram observados em 4 ocasiões, a presença de um indivíduo adulto dentro de câmaras de posturas com as larvas recém eclodidas.

As larvas também realizam dois tipos de túneis: o horizontal e o vertical. No caso das larvas, o túnel horizontal é de diâmetro menor que o dos adultos. A dimensão dos túneis acompanha o desenvolvimento do inseto.

Podem ser encontrados dois tipos de túneis verticais para larvas. Um, semelhante aos túneis verticais dos adultos, com uma saída (Figura 4d) e outro em formato de “U”, com duas saídas para a superfície e um alargamento na base do “U”(Figura 4e).

As larvas grandes, quando estão prestes a empupar, constróem uma câmara mais profunda e mais larga que possui um canal mais estreito de acesso à superfície. Depois de a larva empupar, o canal de acesso à superfície encontra-se bloqueado por grãos de areia. A câmara, entretanto apresenta um afunilamento em uma das extremidades que, possivelmente, é o resquício do canal de acesso à superfície que, no entanto, foi preenchido por areia (vide Figura 4f).

O diâmetro médio das câmaras de túneis verticais pode estão na Tabela 2.

Tabela 2: Diâmetro médio, valores mínimos e máximos, desvio padrão e número amostral (n) para as câmaras dos diferentes estágios de desenvolvimento de *Efflagitatus freudei* encontrados na praia de Rondinha, no litoral norte do Rio Grande do Sul (29°29'55''S - 49°50'47''W) de junho de 1999 a dezembro de 2000. Média seguidas de letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa (P<0,01).

Diâmetro	Média (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Desvio padrão.	n
Câmara dos adultos (individual)	4,7 a	3,0	9,0	1,4	43
Câmara das posturas	9,8 b	5,0	18,0	3,2	22
Câmara das pupas	9,2 b	7,5	11,0	1,4	6

Analisando-se o diâmetro das câmaras dos túneis verticais, pode-se ver que as maiores câmaras são as de posturas, seguidas pelas pupas e pelos adultos (individual).

Na Tabela 3 estão os valores médios dos diâmetros de abertura dos túneis verticais e dos túneis horizontais.

Tabela 3: Diâmetro médio, valores mínimos e máximos, desvio padrão e número amostral (n) para a abertura do túnel vertical e para os túneis horizontais para adultos de *Efflagitatus freudei* encontrados na praia de Rondinha, no litoral norte do Rio Grande do Sul (29°29'55''S - 49°50'47''W) de junho de 1999 a dezembro de 2000.

Diâmetro	Média (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Desvio padrão.	n
Abertura do túnel vertical	1,4 a	1,0	1,9	0,2	21
Túnel horizontal	2,6 b	1,5	4,0	0,8	13

O diâmetro da abertura dos túneis verticais foi menor que o dos túneis horizontais.

Analisando-se os histogramas da profundidade dos túneis em todos os estágios do desenvolvimento, pode-se ver que a distribuição das profundidades dos túneis das larvas pequenas e das larvas médias se afastam de uma distribuição normal (Figura 5).

No inverno, foram encontrados predominantemente túneis verticais na praia. Na primavera, no verão e no outono foram encontrados túneis horizontais e verticais simultaneamente. No final do outono, os túneis horizontais começaram a diminuir. Vários indivíduos adultos deixaram de construir túneis horizontais e passaram a ocupar somente túneis verticais.

Na Tabela 4 estão os valores de profundidade média dos túneis verticais de adultos conforme o estrato. Pode-se observar que, em relação à distância do mar, os túneis dos adultos foram mais profundos no estrato 5, mais próximo do mar e sobre a berma, e menos profundos no estrato 0, na zona de interrupção do campo de dunas, local mais distante da linha da praia. Para o restante dos estratos, não houve diferença na profundidade dos túneis.

Tabela 4: Profundidade média, valores mínimos e máximos, desvio padrão e número amostral (n) para a os túneis verticais de adultos de *Efflagitatus freudei* em diferentes estratos da praia de Rondinha, no litoral norte do Rio Grande do Sul (29°29'55''S - 49°50'47''W) de junho de 1999 a dezembro de 2000. Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($P < 0,001$).

estrato	Profundidade média (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Desvio padrão	n
estrato 1	14,3 a	6,0	20,0	0,36	20
estrato 2	16,2 a	6,0	30,0	0,50	40
estrato 3	16,1 a	4,0	30,0	0,46	84
estrato 4	15,9 a	9,0	23,0	0,36	20
estrato 5	16,5 a	8,0	37,0	0,64	30
estrato 6	22,5 b	11,0	40,0	0,67	56

Discussão

Os túneis horizontais são indicadores do hábito alimentar de forrageamento (Clark II & Ratcliffe, 1989). Eles são originados pelo deslocamento da camada mais superficial da areia pelo movimento das pernas, que empurram o sedimento para o lado e pela a passagem do indivíduo que procura o alimento entre os grãos de areia (Clark II & Ratcliffe, 1989). Muito provavelmente, os túneis horizontais de *E. freudei* também são resultantes do hábito alimentar da espécie. Na área em que *E. freudei* constrói seus túneis horizontais, há grande quantidade de detritos orgânicos, bactérias e diatomáceas e outras algas dão uma coloração peculiar à areia (Vanin *et al.*, 1995). O fato de os adultos de *E. freudei* não realizarem túneis horizontais no inverno, quando os indivíduos estão com sua atividade reduzida, reforça a hipótese de que esta espécie também utiliza os túneis horizontais para fins de alimentação.

A ausência de túneis horizontais no inverno pode estar relacionada a outros fatores, além da baixa atividade dos indivíduos nesta estação. No inverno a densidade de algas psâmicas, provável

alimento de *E.freudei* (Vanin *et al.*, 1995; Gianuca, 1998), é, no geral, mais baixa (Garcia-Baptista, 1994). Adicionalmente, durante o inverno, a espécie ocupa a parte superior da praia, onde o sedimento é mais seco (vide Capítulo 3). E, segundo Clark II & Ratcliffe (1989), a umidade é um fator importante para a construção de túneis horizontais, pois, os animais não conseguem construir estes em areia seca, devido à falta de coesão existente entre os grãos de areia.

As larvas, entretanto, necessitam de alimento para se desenvolver. Por isso, possivelmente, as mesmas foram encontradas sempre realizando túneis horizontais simultaneamente aos verticais.

As dimensões dos túneis podem ser um fator determinante para a ocupação do ambiente de praias pelos insetos, através da proteção dos organismos diante de eventos de inundação. Estudos de respostas fisiológicas à submersão, realizados por Evans *et al.* (1971), com quatro espécies de coleópteros, que habitam as marismas da Ilha de Scolt Head, na costa de North Norfolk na Inglaterra, entre eles *Heterocerus fenestratus*, *B.spectabilis*, *Dichirotrichus pubescens* e *Cillenus lateralis* indicaram que o modo subterrâneo de vida efetivamente previne exposição direta dos mesmos à água do mar durante a maré alta. Isso ocorre devido à dificuldade da água do mar em penetrar nos sistemas de túneis construídos pelas espécies e ao mesmo tempo facilitando a permanência de depósitos de ar dentro destes (Evans *et al.*, 1971). Diâmetros reduzidos (menores de 3mm) da abertura dos túneis evitam a entrada repentina de água por efeito de tensão superficial, possibilitando o bloqueamento da sua entrada mesmo após a subida da maré (Wyatt, 1986 e Maitland & Maitland, 1994). Assim, o diâmetro da abertura dos túneis verticais de adultos de *E.freudei* (1,4mm) impede a súbita entrada de água para dentro dos túneis em eventos de inundação.

Wyatt (1986) colocou que a espécie *B.spectabilis* (Staphylinidae), nas marismas de Scolt Head, bloqueia a entrada do túnel retirando partículas de sedimento da parede interna deste, após a subida da maré.

Os adultos de *E.freudei*, da mesma forma que os Staphylinidae observados por Wyatt (1989), também parecem bloquear os túneis diante de eventos de inundação. No inverno, período do

ano que apresenta a maior frequência de ressacas (Nicolodi, 1999), a maior parte dos túneis encontrava-se boqueada com grãos de areia.

Para a proteção da erosão causada por marés de ressaca, túneis mais profundos são vantajosos. Dessa forma, o aumento da profundidade dos túneis verticais, à medida que o tamanho das larvas aumenta, muito provavelmente resulta em um aumento na proteção contra ressacas. Os dois estágios do desenvolvimento que não apresentam movimento: as posturas e as pupas, encontram-se em câmaras mais profundas, conferindo uma proteção maior a estes estágios. A disponibilidade de oxigênio nestas câmaras durante um evento de inundação provavelmente também é maior devido ao diâmetro maior.

Os adultos não necessitariam contruir túneis tão profundos pois, no caso de necessitarem abandonar o túnel em função da destruição do mesmo, eles ainda possuem a possibilidade de voarem lugares não atingidos (vide Capítulo 1). Possibilidade esta, que os outros estágios não possuem.

A presença da fêmea dentro dos túneis de postura até a eclosão das larvas sugere o cuidado parental das mesmas. Este é essencial para o desenvolvimento das posturas em solos sujeitos à inundação (Wyatt, 1986). A fêmea bloqueia a entrada do túnel quando a maré sobe, evitando a entrada de água e desbloqueia a mesma quando a maré baixa, permitindo a renovação de ar dentro do túnel (Wyatt, 1986).

Em relação à localização na praia, o estrato que, com maior frequência é atingido pelo mar, é o 5. Este estrato fica sobre a berma, que é mais suscetível à erosão por parte do mar (Weschenfelder *et al.*, 1997), o que pode explicar a construção de túneis mais profundos nesta região. O restante dos estratos é protegido pela berma da ação das ondas. Já a região que fica entre as dunas – estrato 0 - local onde a profundidade média dos túneis foi menor, tende a ser a mais protegida da praia em eventos de ressaca.

O fato das medidas de profundidade dos túneis das larvas pequenas e médias não apresentarem uma distribuição normal sugere que as classes de tamanhos de larvas definidas neste

trabalho possivelmente englobem mais de um ínstar e, que cada um deles construa túneis verticais de diferentes profundidades. Em campo, a olho nu, estas diferenças, não foram possíveis de detectar.

Um dos motivos do sucesso desta espécie nas praias, muito provavelmente está relacionada à construção dos túneis, que são construídos de modo a conferirem proteção neste ambiente tão dinâmico e imprevisível como é o das praias arenosas. A morfologia dos túneis parece refletir as vicissitudes dos extratos da praia, indicando a utilização de diferentes estratégias conforme o estágio de desenvolvimento e a localização na praia. Entretanto, outros estudos são necessários para esclarecer quais os estímulos que os levam a isso.

Referências bibliográficas

- BRO-LARSEN, E. 1936. Biologische studien über die tunnelgrabenden Käfer auf Skallingen. **Vidensk. Medd. fra Dansk naturh. Foren.** **100**:1-231.
- CLARK II, G.R. & RATCLIFFE, B.C. 1989. Observations on the morphology of *Heterocerus brunneus* Melsheimer (Coleoptera:Heteroceridae) and its paleoecological significance. **Journal of Paleontology.** **63**(2):228-232.
- EVANS, P. D., RUSCOE, C. N. E. & TREHERNE, J. E. 1971. Observations on the biology and submergence behaviour of some littoral beetles. **J.mar.biol.Ass.U.K.** 51:375-386;
- GARCIA-BAPTISTA, M. 1994. The distribution of psamic algae on a marine beach at Praia Azul, Brazil. **13th International Diatom Symposium.** 183-205.
- GIANUCA, N.M. 1998. Invertebrados bentônicos da praia. In: SEELIGER,U.; ODEBRECHT,C. & CASTELLO,J.P. (Eds.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil.** Ecoscientia. 127-130.

- MAITLAND, D.P. & MAITLAND, A. 1994. Significance of the burrow-opening diameter as a flood-prevention mechanism for air-filled burrows of small intermareal arthropods. **Marine Biology**. 119:221-225.
- NICOLODI, J.L. 1999. **As ressacas no litoral norte do Rio Grande do Sul. O exemplo de Cidreira, RS.** Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. UFRGS.
- PACHECO, F. 1973. Tres nuevas especies sudamericanas de *Efflagitatus* Pacheco (Heteroceridae: Coleoptera). **Agron. Sulriogr.** IX(1):11-18.
- VANIN, S. A.; COSTA, C. & GIANUCA, N. M. 1995. Larvae of neotropical Coleoptera XXI: Description of immatures and ecology of *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Dryopoidea, Heteroceridae). **Iheringia, Sér. Zool.** 78:99-112;
- WESCHENFELDER, J.; ZOUAIN, R.N.A.; ZOMER, S.L.C.; SOUTO, R.P. 1997. Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. **Notas técnicas**, 10:35-48;
- WYATT, T.D. 1986. How a subsocial intermareal beetle, *Bledius spectabilis*, prevents flooding and anoxia in its burrow. **Behav. Ecol. Sociobiol.** 19:323-331;

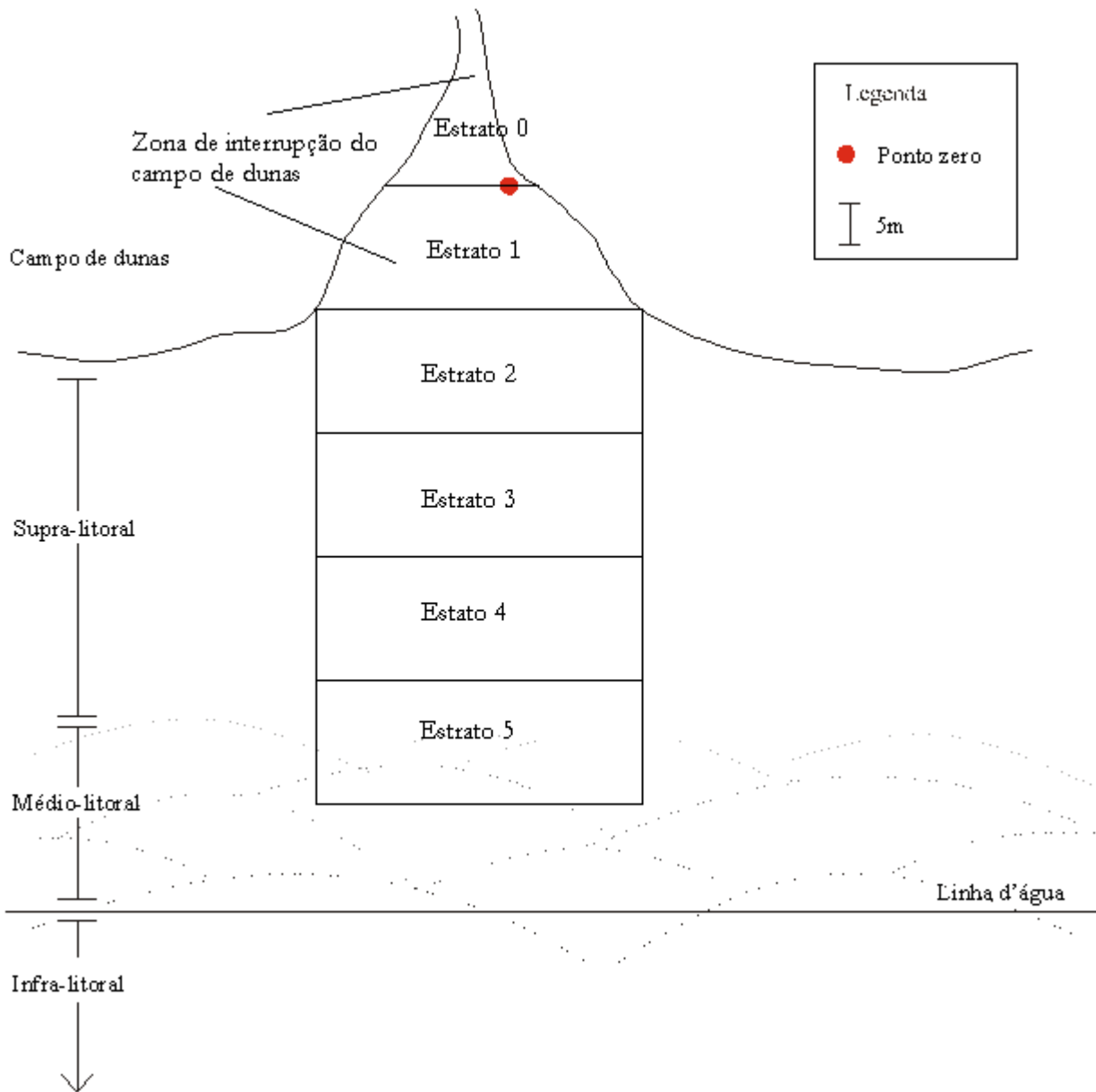


Figura 1: Esquema da área de amostragem dos túneis de *E. freudei* por estrato em vista superior. Cada estrato se constitui de uma faixa de 15m de largura em direção ao mar. Os estratos 0 e 1 ficam na zona de interrupção do campo de dunas. Os estratos 2, 3 e 4 ficam no pós-praia e, o estrato 5 fica sobre a berma.



Figura 2: Vestígios dos túneis superficiais de *Efflagitaus freudei* no supralitoral da praia de Rondinha, RS (29°29'55"S - 49°50'47"W), em fevereiro de 1997.



Figura 3: Vestígios do tipo montículos de areia, resultantes da construção de túneis profundos de *Efflagitaus freudei* no supralitoral da praia de Rondinha, RS (29°29'55''S - 49°50'47''W), em junho de 1999.

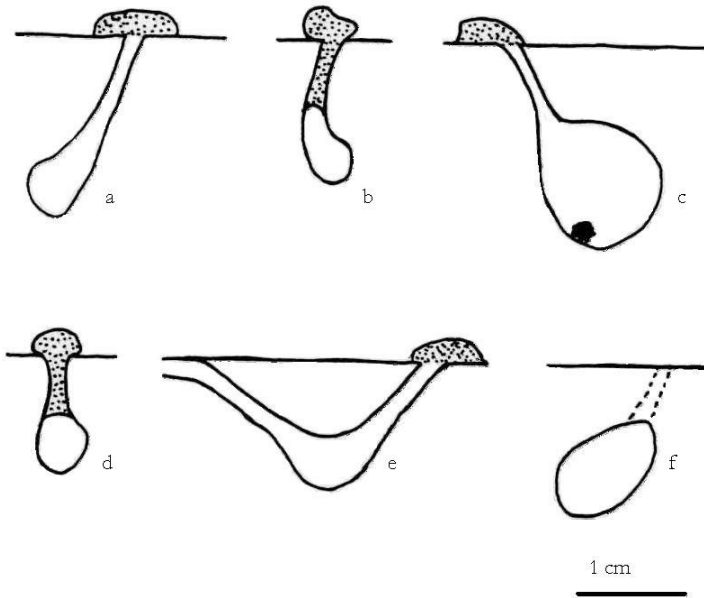


Figura 4: Representação esquemática dos túneis verticais de *Efflagitatus freudei* em corte transversal. a) e b) túneis de adultos. Em b) o túnel de acesso a superfície está obstruído com grãos de areia. c) túneis verticais com câmaras para a colocação de posturas. d) e e) túneis de larvas com uma e duas saídas, respectivamente. f) câmara de empupação, linha tracejada indica o antigo túnel de acesso à superfície. Áreas pontilhadas correspondem a obstrução com grãos de areia.

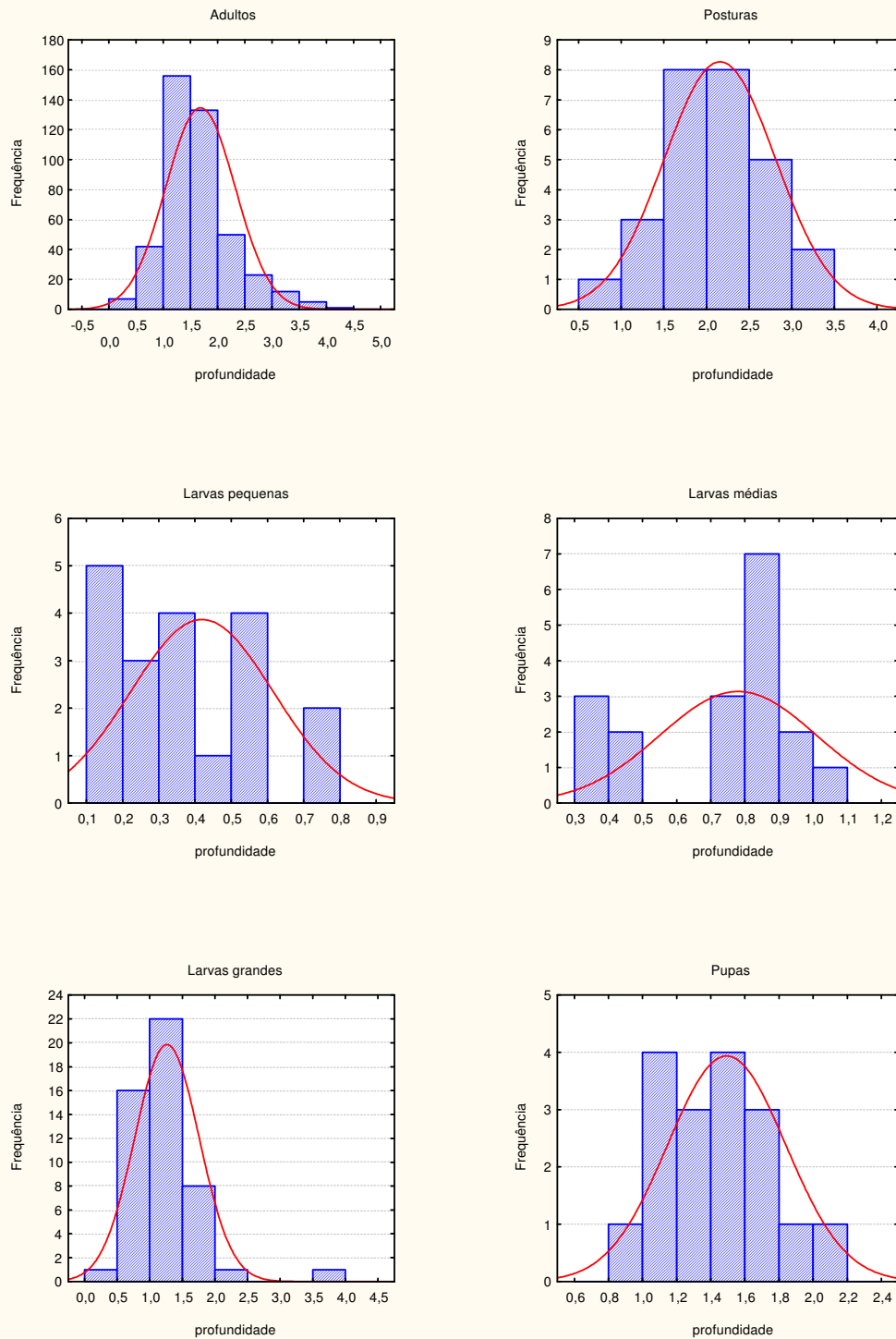


Figura 5: Histogramas das medidas de profundidade dos túneis verticais conforme o estágio de desenvolvimento de *Efflagitatus freudei*. A linha contínua representa a curva normal esperada para a média e desvio padrão observados. Rondinha, Rio Grande do Sul (29°29'55" S – 49°50'47°). Junho de 1999 a julho de 2000.

Artigo 3

Dinâmica populacional do besouro de praia *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Heteroceridade) na praia de Rondinha, Litoral Norte do RS, Brazil

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo descrever a dinâmica populacional de *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973, analisando a sua distribuição espacial e temporal em função de parâmetros ambientais. Para tanto, foram realizadas amostragens e observações quinzenais numa área fixa na praia de Rondinha, Arroio do Sal, RS (29°29'55"S - 49°50'47"O), entre junho de 1999 e julho de 2000. O padrão de distribuição da espécie variou durante o ano. No inverno, os animais estavam retraídos à região superior da praia. Na primavera, migraram para a região central da praia e colonizaram praticamente toda a faixa praial até o verão. No outono, a população voltou a subir para a região ocupada no inverno anterior. No inverno, foram encontrados apenas adultos; os estágios imaturos surgiram na primavera e ocorreram até metade do outono. As densidade máximas para posturas e larvas foram encontradas na primavera, já para adultos e pupas, os valores máximos foram registrados no outono. No geral, a espécie mostrou-se altamente adaptada à dinâmica da praia, acompanhando modificações no seu perfil.

Palavras-chave

supra-litoral; insetos; distribuição, densidade, morfologia de praia

Introdução

Os besouros da espécie *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Coleoptera: Heteroceridae) são encontrados na costa sul do Atlântico, tendo sido citados desde Guarujá, São Paulo, Brasil (Vanin *et al.*, 1995) até Maldonado no Uruguai (Pacheco, 1973). São insetos que habitam praias arenosas, vivendo enterrados na areia (Vanin *et al.*, 1995). Até o momento, são poucas as informações disponíveis sobre a sua ecologia. Pode-se citar os trabalhos de Gianuca (1997, 1998) - sobre a fauna de insetos da praia de Cassino, no litoral sul do Rio Grande do Sul - e Vanin *et al.* (1995) que citam alguns aspectos da ecologia da espécie como densidade máxima, hábitos alimentares, predadores, fauna acompanhante e a localização na praia.

Para diminuir as lacunas existentes em relação a ecologia populacional de *E. freudei*, espécie tão comum na praias gaúchas, a espécie foi acompanhada pelo período de um ano na praia de Rondinha com o objetivo de descrever a sua dinâmica populacional, avaliando o impacto de fatores como chuva, eventos de ressaca, temperatura, umidade e coloração da areia sobre a sua densidade e a distribuição espacial.

Material e métodos

A área de amostragem

A praia de Rondinha (29°29'55''S - 49°50'47'' O) fica situada no município de Arroio do Sal, no litoral norte do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil. É uma praia dissipativa, governada por regime de micromarés e dominada por ondas. A granulometria da areia é fina. A largura média da faixa praial da praia é de aproximadamente 90 m (Weschenfelder, 1997).

Por toda a orla existe um cordão longitudinal de dunas, paralelo à linha d'água. Estas dunas possuem altura média de cerca de 2m e, estão relativamente bem conservadas, possuindo vegetação nativa. O cordão de dunas possui interrupções por onde a água da chuva é drenada em direção ao mar. Essas zonas são rebaixadas, ficando no mesmo nível de inclinação da faixa praial. Em períodos de grande precipitação, pequenos córregos em direção ao mar são formados nesta região, são os chamados sangradouros. As zonas de interrupção das dunas também são utilizadas pelos veranistas como acesso à praia.

A amostragem

Uma região na praia, não ocupada por veranistas durante o verão, foi escolhida para a realização das amostragens. A parte superior da zona de interrupção das dunas foi considerada o ponto zero e foi marcada com uma estaca enterrada na areia. A área de amostragem foi fixada a partir deste ponto zero (Figura 1 – Área de amostragem A), constituindo-se de uma faixa perpendicular à linha d'água com 6 m de largura e 75 m de comprimento.

A área de amostragem foi subdividida em cinco estratos, em direção a linha d'água: estrato 1 (de 0 a 15m), estrato 2 (15 a 30 m), estrato 3 (30 a 45 m), estrato 4 (45 a 60m) e, estrato 5 (60 a 75 m). Dessa forma, o estrato 1 era o mais distante do mar e o 5, o mais próximo (vide Figura 1).

Foram realizadas 31 ocasiões de amostragem, com frequência quinzenal, entre 5 junho de 1999 e 15 julho de 2000. Em cada uma delas, foram amostrados de 3 a 5 estratos, dependendo do tamanho e da abrangência da mancha da população de *E.freudei* e da largura da faixa praial. De 22 de outubro a 6 de abril de 2000, a amostragem foi realizada na Área Amostral B, cerca de 15m ao norte da Área A (vide Figura 1), em função de a área A ter sido tomada integralmente por um sangradouro. Apesar da mudança, a Área A continuou a ser monitorada.

Cada um dos estratos foi subdividido em 90 quadrados de 1 m^2 . Em cada ocasião de amostragem eram sorteados sete quadrados por estrato, nos quais os animais eram amostrados.

A escolha do número de unidades amostrais por estrato e a área do amostrador foram definidos a partir da curva cumulativa realizada com os valores de densidade média de indivíduos e o número de espécies obtido em amostragem piloto, realizada em 17 de maio de 1999, com dois tamanhos de amostrador: 0,098 e 0,031m² (Figuras 2 e 3) (Elliott, 1977). A profundidade de amostragem foi determinada a partir da medida da profundidade dos túneis de *E.freudei* na mesma ocasião.

Para a coleta dos animais, era extraída uma parcela de sedimento do centro do quadrado, através de um cilindro de área 0,098m² e 5 cm de profundidade.

Após a coleta, o sedimento era então, lavado no mar com uma peneira de malha 300 µm para a remoção da areia. Após a lavagem, os animais eram classificados e separados quanto ao estágio de desenvolvimento (adultos, larvas, pupas e posturas), quantificados e devolvidos vivos ao mesmo quadrado em que haviam sido coletados.

As posturas foram consideradas como unidades, e não como o número total de ovos. Algumas posturas, larvas e pupas foram criadas para confirmar a identificação dos estágios de desenvolvimento da espécie.

Exemplares de cada estágio foram coletados, fixados e depositados na Coleção de Invertebrados do Departamento de Zoologia da UFRGS. Destes, alguns adultos e larvas foram remetidos para o Prof. Dr. Sérgio Antonio Vanin, da Universidade de São Paulo (USP), para confirmar a identificação. Estes, encontram-se depositados no Museu de Zoologia da USP, em São Paulo.

Além disso, para cada unidade amostral sorteada, foram ainda registrados os seguintes dados:

a) Coloração da areia: A presença de altas concentrações de detritos orgânicos, algas psâmicas e protozoários associados à camada superficial da areia foram verificadas através da presença ou não de uma fina camada de coloração verde ou marrom logo abaixo da superfície da

areia em cada unidade amostral (Vanin *et al.*, 1995; Gianuca, 1998; Garcia-Baptista, 1992). A mudança na coloração da areia foi comparada à densidade de *E.freudei*.

b) Percentual de umidade do sedimento: Ao longo do período amostral, amostras de sedimento (aproximadamente 100g) foram tomadas para a determinação do percentual de umidade do sedimento. Este parâmetro foi determinado pela diferença de peso entre amostras de sedimento recém coletadas e após secagem total em estufa a 60°C (Souza, 1991). A umidade média do sedimento foi correlacionada à densidade média de organismos por estrato.

A distribuição espacial da espécie foi acompanhada em todas as ocasiões de amostragem numa faixa mais ampla do que a área fixa de amostragem. Essa faixa mais ampla de observação correspondeu a 100m ao norte e 100m ao sul, a partir da área de amostragem. Esta faixa da praia era percorrida e os túneis mais próximos e mais distantes do mar eram marcados. Apenas foram considerados túneis com insetos no seu interior. A distância destes túneis em relação ao ponto zero foi medida. Vestígios encontrados abaixo do ponto zero (vestígios mais próximos do mar) receberam valores positivos e vestígios encontrados acima do ponto zero (mais distantes do mar) receberam valores negativos. A largura da faixa praial foi determinada como sendo a distância entre o ponto zero e a linha d'água (vide Figura 1).

As medidas dos limites superior e inferior da mancha da população e da largura da faixa praial foram analisadas estatisticamente através do teste de Correlação de Spearman.

A fim de detectar eventos de erosão ou de acreção de areia na área amostral, cinco estacas de ferro com 1cm de diâmetro e 1,5m de altura foram enterradas até 1m de profundidade nos estratos 1 e 2, de modo que cerca de 0,5m ficasse acima do nível da praia. Esta parte que ficava exposta era medida em cada ocasião de amostragem e comparada à medida da amostragem anterior.

Os dados diários de precipitação pluviométrica e as médias mensais de temperatura considerados para este trabalho foram os da Estação Meteorológica da praia de Torres (29°20'S e 49°44'O), que fica cerca de 20 km ao norte da praia de Rondinha. Os dados foram obtidos no 8º Distrito de Meteorologia em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Resultados

Descrição das condições ambientais

No início do período de amostragem, em junho de 1999 o perfil da praia era erosivo. Esse perfil erosivo resultou de uma forte ressaca que ocorreu antes do início da amostragem, em 30 de maio de 1999. Durante esta ressaca houve uma grande modificação na topografia da praia. As dunas frontais foram bastante erodidas, formando escarpas. Não havia dunas embrionárias. Também ocorreu uma deposição de areia na parte superior da praia. Todos os estratos encontravam-se no mesmo plano de inclinação.

Após a ressaca de 30 de maio de 1999, ocorreram várias outras: 26 de junho, 14 de agosto, entre 1º e 12 de outubro, 21 de novembro de 1999, 28 de janeiro, 15 de fevereiro, 20 de março, 7 de maio, 22 de maio, 31 de maio e 9 de julho de 2000. Porém, nenhuma foi de intensidade tão forte quanto a do dia 30 de maio de 1999.

A partir da metade de setembro foi possível perceber que o ambiente praiial estava passando para um perfil de crescimento. Começaram a surgir dunas embrionárias na parte superior do supralitoral. O estrato 1 foi gradativamente acumulando areia, até ser totalmente tomado por dunas embrionárias no final de outubro. Na parte superior do estrato 2 também formaram-se dunas embrionárias, as quais foram fixadas por vegetação característica. Durante todo o verão a praia permaneceu estável.

Em maio de 2000, a borda das dunas voltou a ser erodida por sucessivos eventos de ressaca (7, 22 e 31 de maio), no entanto, não tão severamente quanto em 1999. Após isso, todos os estratos voltaram ao mesmo nível de inclinação da praia.

A largura da faixa praiial variou entre 50 m (no inverno) e 110 m (no verão). A largura média ficou em 87 m. Em geral, a faixa praiial esteve menor do final do outono até o início da primavera.

A Figura 4 apresenta os resultados de pluviosidade total e temperatura atmosférica média mensal. De uma maneira geral, pode-se observar que a precipitação pluviométrica foi maior nos meses de verão, com máximas mensais em janeiro (247,8mm) e fevereiro (243,7mm), sendo que em janeiro, um único dia - dia 1º de janeiro de 2000 –foi responsável por mais da metade da precipitação mensal (125,1mm).

O sangradouro atingiu a área amostral em algumas situações. Em 31 de julho de 1999 ele atingiu parte do estrato 1, 2 e 3 . No dia 22 de outubro o sangradouro inundou toda a área amostral A por diversos dias, fazendo com que a densidade na área amostral A caísse para 0 indivíduos/m², motivando a troca de área de amostragem para a área B, cerca de 15 m ao norte da área A.

Depois da troca de área, o sangradouro voltou a inundar toda a área A e atingiu parcialmente a área B no estrato 3, em 13 de novembro de 1999. No dia 10 de janeiro de 2000, após um período de muita chuva, o sangradouro voltou a inundar parte da área B, sendo que os estratos atingidos foram parte do 2 e 3. No início de fevereiro, o sangradouro teve os seu leito alterado para o sul, não mais atingindo nenhuma das áreas amostrais.

A umidade média do sedimento foi diferente para os estratos amostrados, sendo que os estratos 2, 3 e 4 apresentaram percentual de umidade maior que os estratos 1 e 5, que ficavam entre as dunas e sobre a berma, respectivamente (Tabela 1). O desvio padrão foi mais alto no estrato 1, devido à variação existente neste estrato, tanto pela passagem de sangradouro e como por parte do estrato ter sido tomado por dunas no decorrer do ano.

Tabela 1: Umidade média do sedimento (%) por estrato de amostragem. Junho de 1999 a julho de 2000, Rondinha, RS (29°29'55"S – 49°50'47"O).

estrato	Umidade%	Desvio padrão	N
1	8,9	6,14	120
2	12,9	4,24	170
3	15,2	2,86	146
4	14,8	2,72	54
5	9,7	4,72	28

A areia foi encontrada com três colorações distintas, distinguíveis em campo: esverdeada, marrom e sem coloração alterada. A coloração marrom e esverdeada predominou na primavera, verão e início do outono nos estratos 2, 3 e 4 e, às vezes, no estrato 1, no leito abandonado do sangradouro, local mais rebaixado e úmido.

Dinâmica populacional de *E. freudei*

E. freudei apresentou um padrão de distribuição agregado na praia, formando manchas. As figuras 5, 6, 7 e 8 mostram a localização e o tamanho destas manchas na praia ao longo das estações do ano. A figura 9 mostra os valores extremos da mancha, medidos a partir do ponto zero, e a variação da largura da faixa praial para cada ocasião de amostragem. Nesta figura, pode-se acompanhar as fases intermediárias às situações apresentadas nas Figuras 5, 6, 7 e 8.

No início da amostragem a espécie encontrava-se concentrada, na zona de interrupção no campo de dunas até a borda destas, ocupando os estratos 1 e 2 (vide Figura 5).

No final de agosto os adultos migraram para a região central da praia - estratos 2 e 3 (vide Figura 9). E, então, o limite superior da mancha de *E. freudei* espécie permaneceu no estrato 2 durante toda a primavera e verão (vide Figura 6 e 7).

Neste período, a mancha de ocupação da espécie expandiu-se em direção à linha d'água, chegando cada vez mais próxima da linha média da praia (vide Figura 9). Em 10 de janeiro, a mancha de distribuição da espécie alcançou a distribuição mais próxima da linha d'água, chegando a uma distância de até 15m do mar (vide Figura 9). Após essa data, o tamanho da mancha permaneceu relativamente constante até 25 de março, com algumas flutuações no limite mais próximo do mar (vide Figura 9).

A partir de abril a mancha de distribuição voltou a subir gradativamente na praia, alcançando o estrato 1 (vide Figura 8). Em junho, o limite superior da mancha voltou ao máximo superior equivalente a distribuição de junho do ano anterior. Os limites inferiores, entretanto,

diferiram entre os dois anos e assim, a amplitude da mancha de distribuição da espécie foi maior no inverno de 2000 que em 1999 (vide Figura 9). Dessa forma, no inverno de 2000, o limite inferior de *E.freudei* estava mais próximo da linha média da praia que em 1999 (vide figura 9).

No geral, comparando-se a distribuição ao longo dos meses, a espécie ocupou uma área muito mais restrita da praia no inverno.

Comparando-se os limites superiores e inferiores da mancha de *E.freudei* na praia com a largura da faixa praial encontrou-se correlação positiva entre os limite inferior de distribuição de *E.freudei* e a linha d'água ($r_s=0,684$; $n=31$; $P<0,001$) e o limite superior e a linha d'água ($r_s=0,590$; $n=31$; $P<0,001$).

Na Figura 10 pode-se ver a densidade média de *E.freudei* para cada ocasião de amostragem. Percebe-se que, no início da amostragem, a densidade média de *E.freudei* estava muito baixa – apenas 9,65 adultos/m²- e permaneceu assim até a metade de outubro. A partir daí, a densidade média de adultos começou a subir, até chegar ao máximo no outono (263,2 adultos/m²), para depois voltar a diminuir.

As posturas, apareceram no início de setembro de 1999, alcançaram as densidades mais altas de fevereiro a março (densidade média >10 posturas/m²), quando voltaram a diminuir, deixando de ocorrer a partir da metade de maio, com exceção de 20 de junho e 2 de julho de 2000, quando ocorreram novamente em baixa densidade.

As larvas surgiram na metade de setembro de 1999 e mostraram uma tendência de aumento até fevereiro, quando alcançaram a densidade média máxima (476,19larvas/m²). Depois, a densidade começou a decrescer. As larvas deixaram de ocorrer no início de junho de 2000, com exceção de 20 de junho e 2 de julho de 2000, quando ocorreram novamente em baixa densidade.

As pupas apareceram em outubro e demonstraram aumento mais irregular do que os demais estágios, alcançando três picos de densidade: em janeiro (38,22pupas/m²), em fevereiro (46,37pupas/m²) e em maio (50,75pupas/m²). A partir de junho, as pupas não foram mais encontradas na praia.

As densidades máximas por unidade de amostragem foram: 1644,7 adultos/m², estrato 2, 26 de maio de 2000; 153,5 posturas/m² e 2171,1 larvas/m², estrato 3, 23 de fevereiro de 2000 e, 943,0 pupas/m², estrato 4, 25 de janeiro de 2000.

Comparando-se a densidade média de adultos ocorrida em junho e julho de 1999 e junho e julho de 2000, meses de sobreposição de amostragem, pode-se perceber que a densidade média foi muito maior em 2000 em relação a 1999 (vide Figura 10).

Na figura 11 pode-se observar a ocupação dos diferentes estratos da praia por *E.freudei* de acordo com as estações do ano.

No inverno, encontravam-se praticamente só adultos na praia, sendo que estes encontravam-se em densidade decrescente do estrato 1 em direção ao 3.

Na primavera, ocorreu a migração de adultos do estrato 1 para os estratos 2 e 3, e a colonização dos mesmos a partir do surgimento de estágios imaturos. Neste período, a densidade máxima para todos os estágios ocorreu no estrato 3. O estrato 4 começou a ser colonizado.

No verão, percebe-se um decréscimo na densidade no estrato 2. Ao mesmo tempo, verificase que o estrato 4 apresentou a densidade mais alta. Alguns indivíduos começaram a ocorrer no estrato 5. Foi neste período que ocorreu a densidade mais alta de indivíduos imaturos na praia.

No outono, o movimento de retorno dos adultos de *E.freudei* para os estratos 1 e 2 pode ser verificado. Ao mesmo tempo, percebe-se a diminuição na densidade nos estratos 3 e 4, em relação ao verão. Neste período, ocorreu a densidade mais alta de adultos, no estrato 2.

Dessa forma, o estrato 1 foi ocupado apenas no inverno e no outono, especialmente por adultos. O estrato 2, esteve ocupado durante todo o ano, entretanto apresentou densidades mais altas na primavera e no outono. O estrato 3, esteve ocupado na primavera, verão e outono, apresentando densidade mais altas no verão. O estrato 4 foi ocupado na primavera, verão e outono, sendo que a densidade mais alta ocorreu no verão. O estrato 5 apresentou indivíduos de *E.freudei* apenas no verão e no outono, em baixas densidades.

Impactos localizados na praia, como períodos de chuva intensos, e a conseqüente passagem de um sangradouro pela área amostral causaram a retirada de até 26cm de areia, provocando reduções na densidade média (vide Figura 11, 13 de novembro e 10 de janeiro). Porém, a recuperação da população ocorreu rapidamente.

Em relação ao sangradouro, nas áreas em que este estava em atividade (com água corrente), nenhum estágio de *E.freudei* foi encontrado. Alguns dias (até duas semanas) após o término da atividade deste, a área voltou a ser colonizada pela espécie. Comparando-se a densidade de indivíduos da área atingida pelo sangradouro com a área não atingida, encontrou-se uma densidade média maior nas áreas não atingidas pelo sangradouro (Tabela 3).

Tabela 3: Densidade média de *Efflagitatus freudei* em relação à passagem do sangradouro. Junho de 1999 a julho 2000, Rondinha, RS (29°29'55"S – 49°50'47"O).

Sangradouro	Adultos/m ²	Larvas/m ²	Posturas/m ²	Pupas/m ²
Área não atingida	97,5	112,5	4,8	11,6
Área atingida (depois de até 14 dias)	59,3	49,9	4,9	2,7
Sangradouro em atividade	0	0	0	0

As ressacas, ao contrário, no período estudado, não tiveram uma influência tão severa sobre a densidade, uma vez que os eventos de ressaca registrados antes das datas de 15 de agosto, 1 de outubro, 10 de outubro, 27 de novembro, 22 de março, 20 de maio e 3 de junho não provocaram reduções nas densidades médias de *E.freudei* (vide Figura 11).

Em relação à coloração da areia, a densidade média de indivíduos foi maior nos locais com alteração na coloração para todos os estágios do desenvolvimento, como pode ser percebido nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Densidade média de *Efflagitatus freudei*/m², de acordo com a presença ou ausência de uma película de coloração marrom na areia. Junho de 1999 a julho 2000, Rondinha, RS (29°29'55"S – 49°50'47"O).

Película de coloração marrom	Adultos/m ²	Larvas/m ²	Posturas/m ²	Pupas/m ²
ausente	51,8	23,1	1,4	1,7
presente	145,6	195,9	8,4	16,9

Tabela 5: Densidade média de *Efflagitatus freudei*/m², de acordo com a presença ou ausência de uma película de coloração verde na areia. Junho de 1999 a julho 2000, Rondinha, RS (29°29'55"S – 49°50'47"O).

Película de coloração verde	Adultos/m ²	Larvas/m ²	Posturas/m ²	Pupas/m ²
ausente	60,7	74,5	2,5	6,2
presente	136,8	144,6	7,3	12,4

Na Figura 12, estão a umidade média e a densidade média dos diferentes estágios de *E. freudei* por estrato. Na Tabela 6, observa-se que os índices de correlação entre a umidade e a densidade média por estratos. Percebe-se que o único estágio que não apresentou correlação estatisticamente significativa foi o de adultos.

Tabela 6: Índice de correlação de Spearman (r_s) entre a densidade média dos diferentes estágios de *Efflagitatus freudei* e a umidade média por estrato. Junho de 1999 a julho 2000, Rondinha, RS (29°29'55"S – 49°50'47"O).

	adultos	posturas	larvas	pupas
r_s	0,8	1	0,9	0,97
P	0,10	-	0,04	<0,01

Discussão

As densidades encontradas no presente trabalho foram marcadamente maiores que as encontradas por Vanin *et al* (1995) em Guarujá e Cassino. Os máximos encontrados por eles foram: 162 adultos/m², perto de um sangradouro; e 60 posturas/m² e 28 pupas/m² de *E.freudei*. No trabalho atual, foram encontradas densidades máximas localizadas muito maiores: 1644,7 adultos/m² no estrato 2 em 26 de maio de 2000, 153,5 posturas/m² e 2171,1 larvas/m² no estrato 3 em 23 de fevereiro de 2000 e 943,0 pupas/m² no estrato 4 em 25 de janeiro de 2000.

Vanin *et al.* (1995) citou em seu trabalho, que a distribuição de *E.freudei* na praia alcançou a zona supra-litoral e outras partes da praia saturadas de água, nos períodos de chuva, e, que na estação seca, eles se concentraram nas poucas regiões úmidas da praia.

A ocupação de locais distintos na praia no inverno em relação ao restante do ano está de acordo com as observações de Vanin *et al.* (1995), realizadas na praia de Cassino (RS) e Guarujá (SP), se considerarmos o inverno como estação seca e o verão como estação chuvosa, apesar de a precipitação ser uniforme durante todo o ano, segundo Hasenack & Ferraro (1989).

Os resultados do presente trabalho, indicam que a distribuição da espécie na praia pode ser explicada por outros fatores ambientais, além dos períodos de chuva. Mudanças na morfologia da praia, frequência de eventos de ressaca e, provavelmente também a temperatura atmosférica estão relacionadas ao padrão de distribuição da espécie.

Nos meses de outono e inverno, a frequência e a magnitude das ressacas é maior do que em relação aos outros meses do ano (Nicolodi, 1999), a faixa praial é menor e a praia apresenta um perfil predominantemente reflectivo (Weschenfelder, 1997). Neste período, o impacto do mar sobre a faixa praial é maior que no restante do ano. Estes fatores podem influenciar diretamente a migração dos adultos para a parte superior da praia (estratos 1 e 2) que é menos atingida pela ação

das ondas durante os eventos de ressaca. Entretanto, estas regiões são também mais secas, podendo limitar o recurso alimentar.

Dessa forma, o uso de diferentes áreas na praia pode ser resultante da influência de diversos fatores sobre a população, tais como ação do mar sobre a praia, recursos alimentares disponíveis e temperatura. Assim, os insetos migram e reduzem sua atividade, para minimizar os efeitos negativos de tais fatores nos meses mais frios do ano.

No outono, com o aumento da frequência de ressacas, a espécie gradativamente volta a ocupar a região superior da praia. A cada ocasião de ressaca, que antecede o inverno, ocorre o deslocamento de adultos em direção à parte superior da praia. Esta migração pode ser desencadeada pela destruição dos túneis, através da erosão do solo, ou devido ao período de duração prolongado dos eventos de ressaca (vide Capítulo 1).

Dessa forma, a espécie acompanha o ciclo sazonal da praia, permanecendo retraída nas partes superiores da praia no inverno, quando a faixa praia está menor e com maior frequência de ressacas e, expandida na primavera e no verão, quando a faixa praias está maior e a frequência e a magnitude das ressacas é menor.

Além da largura da faixa praias e da frequência de ressacas, a topografia característica das praias do litoral do RS também pode estar influenciando a distribuição dos insetos na praia. O perfil de praia plano e a presença da berma, permitem a retenção de água – tanto da chuva quanto do mar – no supra-litoral, especialmente nos estratos 2, 3 e 4. A presença da berma, mais frequente na primavera, verão e início do outono, também protege o supra-litoral da ação das ondas.

O acúmulo de umidade nos estratos 2, 3 e 4, propicia a formação de um filme orgânico, rico em detritos, protozoários e algas psâmicas, importantes recursos alimentares para a espécie. A presença de alimento, por sua vez, pode ser um dos motivos que leva os adultos de *E. freudei* a colocarem os seus ovos nestes estratos, e não nos estratos superiores da praia, que são mais protegidos da ação do mar.

Corroborando com a suposição acima, as densidades mais altas de algas psâmicas, encontradas no supra-litoral por Garcia-Baptista (1994), em Praia Azul – cerca de 3km ao norte de Rondinha – encontravam-se a uma distância de 20m das dunas até 50m em direção ao mar. Esta região pode ser considerada equivalente aos estratos 3 e 4 do presente estudo, estratos que comportaram as densidades mais altas de *E.freudei*. Garcia-Baptista (1994) também menciona a presença de invertebrados herbívoros, sem citar as espécies, nos locais de grande diversidade e número de algas psâmicas. A associação de *E.freudei* às zonas mais úmidas da praia, pode, então, também estar relacionada com a disponibilidade de alimento alí existente.

Variações horizontais na distribuição da espécie na faixa praial podem ser provocadas por alterações localizadas, como a passagem de sangradouro, que provoca forte erosão no sedimento. Ou, também pela deposição de areia mais seca pelo vento, formando regiões mais elevadas e, conseqüentemente mais secas na praia.

O crescimento populacional de *E.freudei* acompanha, não apenas as variações no perfil morfológico da praia, como também o padrão sazonal das temperaturas. Entretanto, as variações mais importantes na densidade da espécie parecem estar relacionadas a variações físicas no ambiente ocupado por eles. Localizadamente, o sangradouro parece provocar a maior queda na densidade da espécie. O mesmo se dá porque o sangradouro, além de retirar quantidades maiores de sedimento no supra-litoral, possui um período de duração maior que as ressacas. Entretanto, o sangradouro possui uma ação muito mais localizada que as ressacas, que atingem toda a praia. Dessa forma, para avaliar qual todos dois tipos de impacto provoca maior queda na população de *E.freudei* para toda a faixa praial, seria necessário monitorar uma faixa maior da praia.

Entretanto, é importante salientar que, ao mesmo tempo que o sangradouro diminui drasticamente a densidade de *E.freudei* de forma localizada, ele rebaixa as zonas de interrupção das dunas, criando os locais onde os adultos se refugiam durante o inverno.

Os estágios de desenvolvimento da espécie também estão associados às variações sazonais do clima e da praia, com os estágios imaturos ocorrendo apenas nas estações mais quentes do ano e com faixas praias maiores.

As posturas e larvas que ocorreram no final de junho e início de julho de 2000 no estrato 1 fogem à regra, tanto no que diz respeito à época do ano, quanto à localização das mesmas na praia. Entretanto, há alguns fatores que podem ter contribuído para o surgimento das mesmas: a) a temperatura média de junho, que foi mais elevada em 2000 que em 1999, b) a presença de adultos no estrato 1 e, c) também a topografia da praia no estrato 1 que, neste período encontrava-se rebaixado, pela erosão causada pela passagem do sangradouro. Esta zona rebaixada no estrato 1 estava mais umidecida que os demais estratos e, a areia encontrava-se com uma camada superficial de coloração marrom. Talvez, a umidade, associada à presença de alimento, juntamente com temperaturas mais amenas tenha estimulado a colocação de posturas. Entretanto, o desenvolvimento destas posturas colocadas tardiamente não foi completado, provavelmente devido à queda acentuada das temperaturas a partir do início de julho, interrompendo o desenvolvimento dos estágios juvenis antes dos mesmos empuparem.

A interrupção da colocação de posturas durante o inverno não foi encontrada nas praias de Cassino no ano de 1990 por Vanin *et al.* (1995). Para compreender o padrão da espécie, seria necessário averiguar quais as temperaturas médias ocorridas naquele inverno e também qual a frequência de amostragem realizada. Existe a possibilidade de que em invernos mais amenos a espécie não interrompa totalmente a reprodução, entretanto, os dados apresentados por Vanin *et al.* (1995) não permitem maiores conclusões, uma vez que não há um detalhamento sobre o delineamento amostral realizado pelos autores.

A não ocorrência de estágios imaturos no inverno de 1999 e o não desenvolvimento completo dos estágios imaturos tardios ocorridos no inverno de 2000 faz com que os adultos existentes na praia no início de junho sejam os responsáveis pela manutenção do estoque da espécie

durante o inverno. Os sobreviventes são os responsáveis pela nova colonização da praia na primavera seguinte.

De todos os estágios de desenvolvimento de *E.freudei*, o adulto é o mais resistente às adversidades do ambiente. Ele apresenta a possibilidade de deslocamento através de vôo. Isso lhe dá possibilidade de escape e de colonização de outras áreas, especialmente em ocasiões de ressaca muito longas ou fortes (vide Capítulo 1).

A tolerância maior dos adultos também mostra-se na distribuição da espécie na praia. O estágio adulto apresenta a distribuição mais ampla, ocorrendo em todos os estratos, inclusive nos mais secos, como o estrato 1 e 5.

O número de indivíduos que sobrevive ao inverno parece estar mais fortemente relacionado à magnitude de eventos de ressaca do que à temperatura atmosférica. Pois, apesar de as médias de temperatura terem sido mais baixas em julho de 2000, em relação a 1999, a densidade média de adultos foi mais alta em 2000. O mesmo, provavelmente pode ser explicado pelo fato de no outono e inverno de 2000 não terem ocorrido ressacas tão fortes quanto as de 1999 (especialmente a de 30 de maio de 1999), que causaram grande impacto na praia. No outono de 2000, somente ocorreram ressacas fracas, o que pode ter possibilitado a sobrevivência de um número maior de indivíduos adultos da população durante inverno, apesar de o inverno ter sido mais rigoroso.

O impacto da ressaca sobre a densidade de *E.freudei* não foi detectado neste trabalho. Na escala de tempo utilizada, as ressacas ocorridas não influenciaram significativamente a densidade de *E.freudei*. Exceto na comparação entre a densidade média de *E.freudei* nos dois invernos amostrados, onde a magnitude das ressacas ocorridas em 1999 parecem ter exercido forte pressão sobre a densidade de adultos.

A escala de tempo utilizada dificulta a percepção de variações na densidade causadas por ressacas, já que a amostragem foi realizada de frequência quinzenal e as ressacas apresentam curta duração. Além disso, a população de *E.freudei* mostrou um crescimento rápido, de modo que, para

se avaliar o possível impacto de um evento de ressaca seria necessário um acompanhamento da população imediatamente antes e após a ocorrência do evento.

O aumento na densidade de todos os estágios de desenvolvimento em áreas onde a areia apresentava uma camada superficial de coloração marron ou verde pode estar relacionada à disponibilidade de alimento. A mudança na coloração da areia pode ser provocada pela presença grande quantidade de detritos orgânicos, bactérias e diatomáceas e outras algas formam um tipo de filme, que muitas vezes une as partículas (Vanin et al., 1995). A coloração esverdeada também pode ser resultante de altas densidades de cianofitas (Gerlach, 1994). Griffiths & Griffiths (1983) encontrou relação positiva entre a densidade de *Psamthobledius punctatissimus* (Staphylinidae) e a concentração de clorofila a no sedimento. Entretanto, faltam estudos mais detalhados quanto à dieta de *E.freudei* e quanto aos componentes existentes na camada superficial da areia, responsáveis pela mudança na coloração da areia para conclusões mais precisas sobre a relação existente entre a coloração da areia e a densidade de *E.freudei*.

A variação de densidade e distribuição de *E.freudei* mostra a íntima relação desta espécie com o ambiente praial, sugerindo que o sucesso da mesma deve-se em grande parte a sua versatilidade em conseguir tolerar ou escapar das variações provocadas num ambiente tão instável, quanto é o de praias arenosas.

Referências Bibliográficas

- GARCIA-BAPTISTA, M. 1994. The distribution of psamic algae on a marine beach at Praia Azul, Brazil. **13th International Diatom Symposium**. 183-205.
- GERLACH, S.A. 1994. **Spezielle Ökologie: marine Systeme**. Springer. Berlim. 226p.
- GIANUCA, N.M. 1987. Zonação e produção nas praias arenosas do litoral Sul e Sudeste do Brasil: Síntese dos conhecimentos. **Simpósio sobre Ecossistemas da costa Sul e Sudeste Brasileira:**

Síntese dos conhecimentos , 1:313-332.

GIANUCA, N.M. 1998. Invertebrados bentônicos da praia. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. (Eds.). **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Ecoscientia. 127-130.

GRIFFITHS, C.L. & GRIFFITHS, R.J. 1983. Biology and distribution of the littoral rove beetle *Psamathobledius punctatissimus* (Le Conte) (Coleoptera: Staphylinidae). **Hydrobiologia**. 101:203-214.

HASENACK, H. & FERRARO, L.W. 1989. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. **Pesquisas**. 22:53-70.

NICOLODI, J.L. 1999. **As ressacas no litoral norte do Rio Grande do Sul. O exemplo de Cidreira, RS**. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. UFRGS.

PACHECO, F. 1973. Tres nuevas especies sudamericanas de Efflagitatus Pacheco (Heteroceridae: Coleoptera). **Agron. Sulriogr**. IX(1):11-18.

SOUZA, J. R. B. 1991. **Zonação e variação temporal da macrofauna bentônica da praia arenosa de Barrancos - PR**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia. Universidade Federal do Paraná. 67p.

VANIN, S. A.; COSTA, C. & GIANUCA, N. M. 1995. Larvae of neotropical Coleoptera XXI: Description of immatures and ecology of *Efflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Dryopoidea, Heteroceridae). **Iheringia, Sér. Zool**. 78:99-112;

WESCHENFELDER, J.; ZOUAIN, R.N.A.; ZOMER, S.L.C.; SOUTO, R.P. 1997. Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. **Notas técnicas**, 10:35-48.

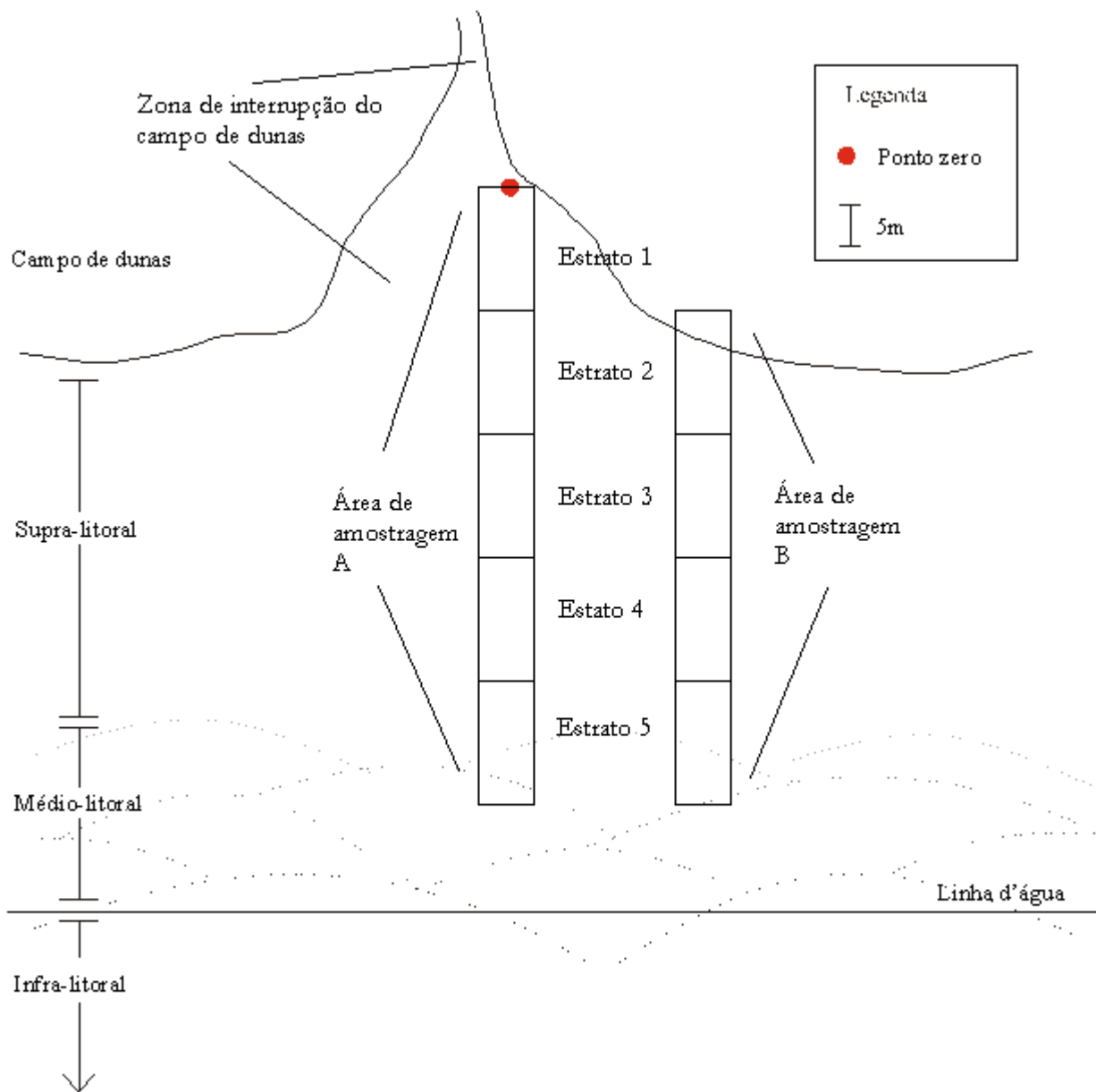


Figura 1: Esquema da área de amostragem de *E. freudei* em vista superior.

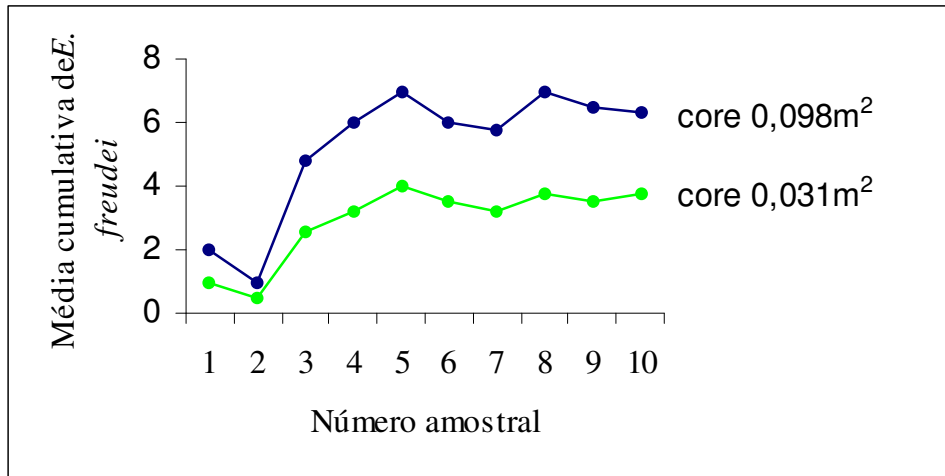


Figura 2: Curva cumulativa dos valores médios de *Efflagitatus freudei* obtidos na amostragem piloto realizada na praia de Rondinha, Rio Grande do Sul, Brasil (29°29'55"S – 49°50'47") para diferentes números amostrais e dois tamanhos de amostrador (0,098 e 0,031m²). Maio de 1999.

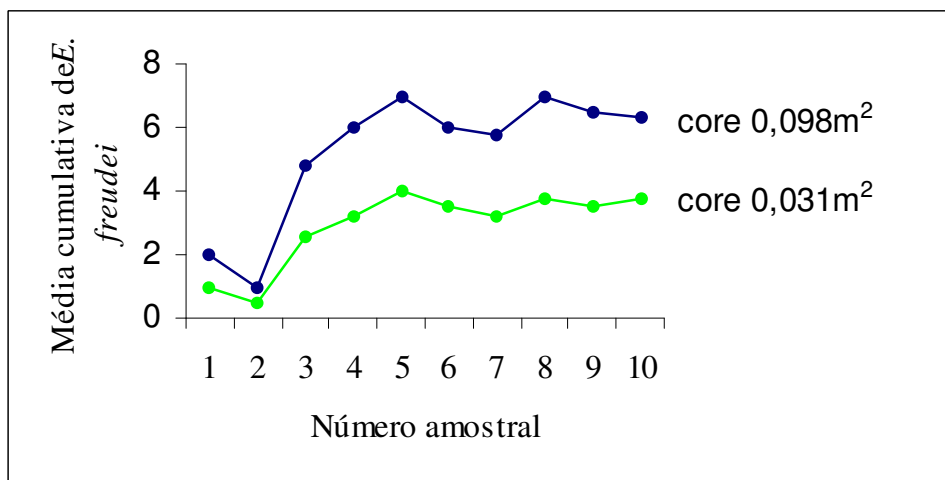


Figura 3: Curva cumulativa do número de espécies encontradas na amostragem piloto realizada na praia de Rondinha, Rio Grande do Sul, Brasil (29°29'55"S – 49°50'47") para diferentes números amostrais e dois tamanhos de amostrador (0,098 e 0,031m²). Maio de 1999.

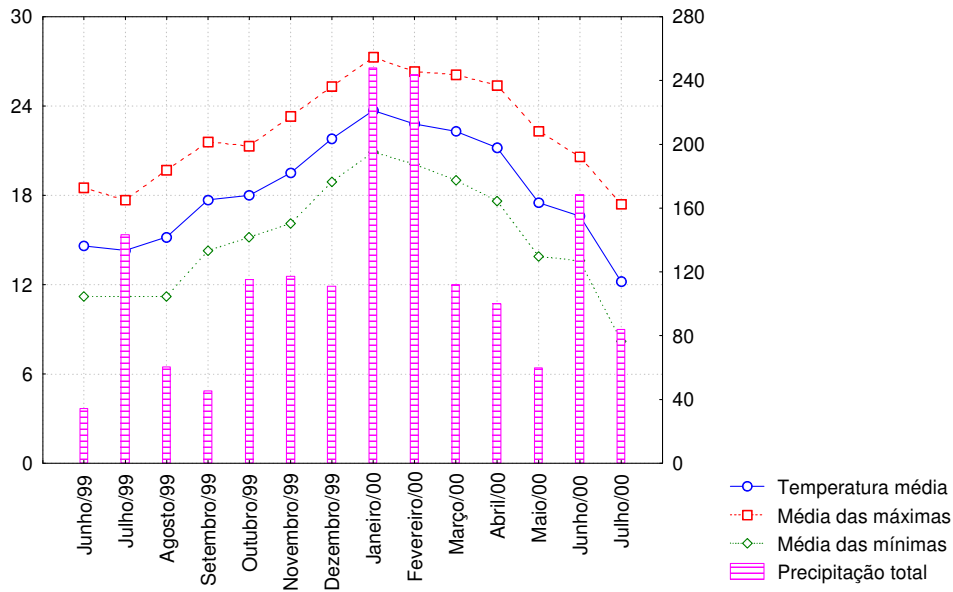


Figura 4: Precipitação total, temperatura média, média das temperaturas máximas e média das temperaturas mínimas coletadas na Estação Meteorológica de Torres (29°20'S e 49°44'O), no período entre junho de 1999 e julho de 2000.

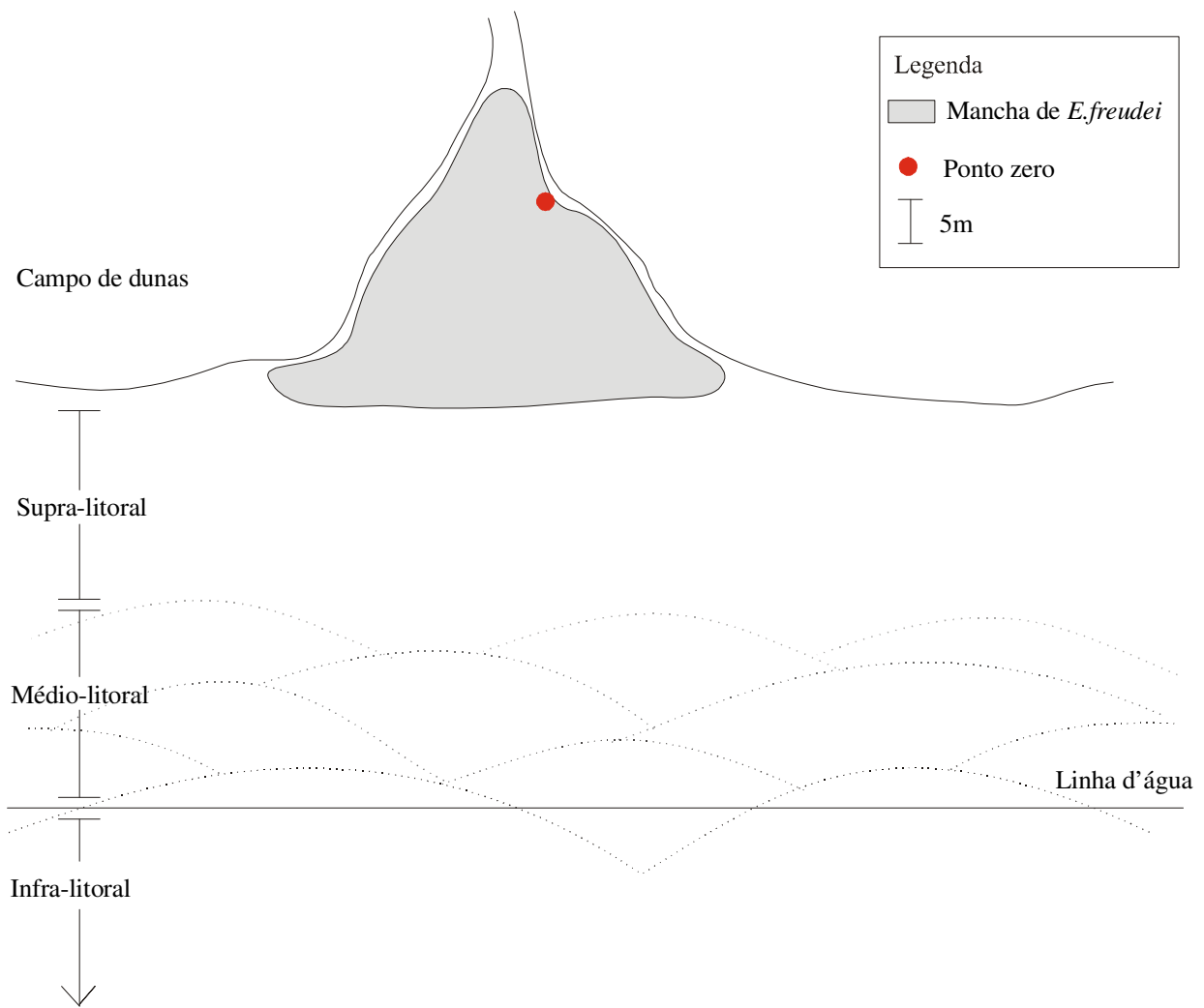


Figura 5: Esquema da mancha de *Efflagitatus freudei* na praia de Rondinha no inverno. Em vista superior

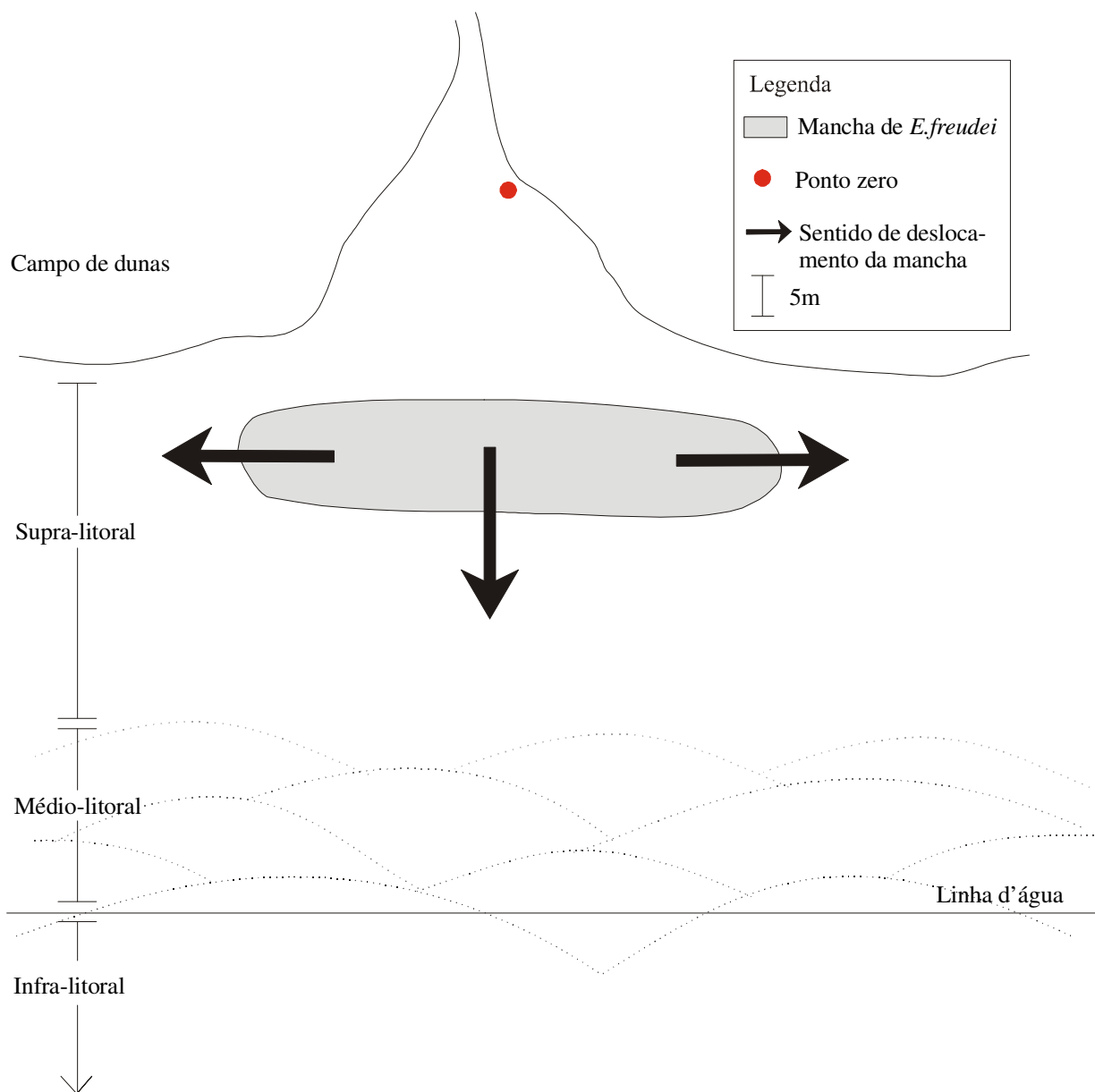


Figura 6: Esquema da mancha de *Efflagitatus freudei* na praia de Rondinha na primavera. Em vista superior

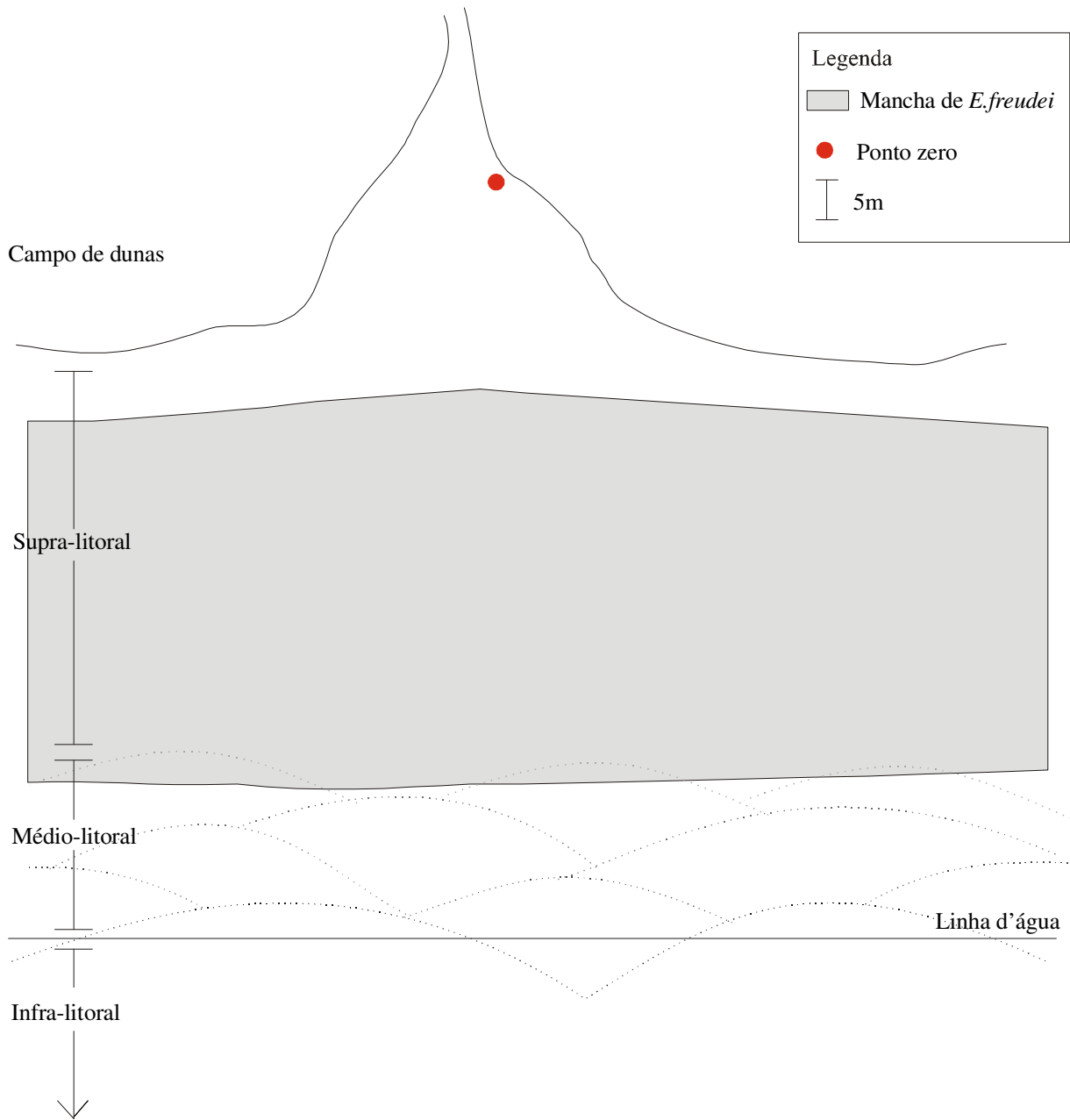


Figura 7: Esquema da mancha de *Efflagitatus freudei* na praia de Rondinha no verão. Em vista superior.

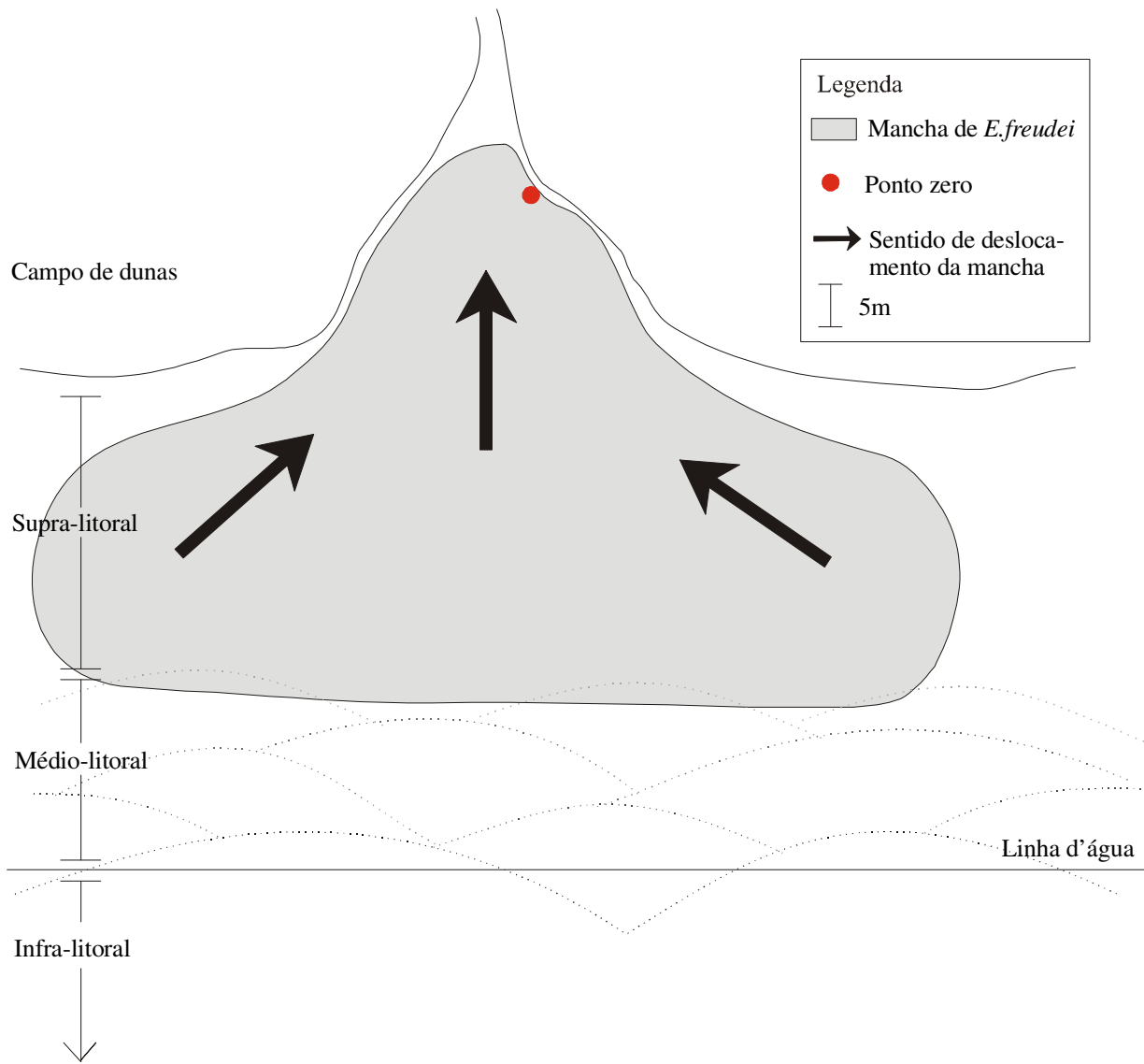


Figura 8: Esquema da mancha de *Efflagitatus freudei* na praia de Rondinha no outono. Em vista superior.

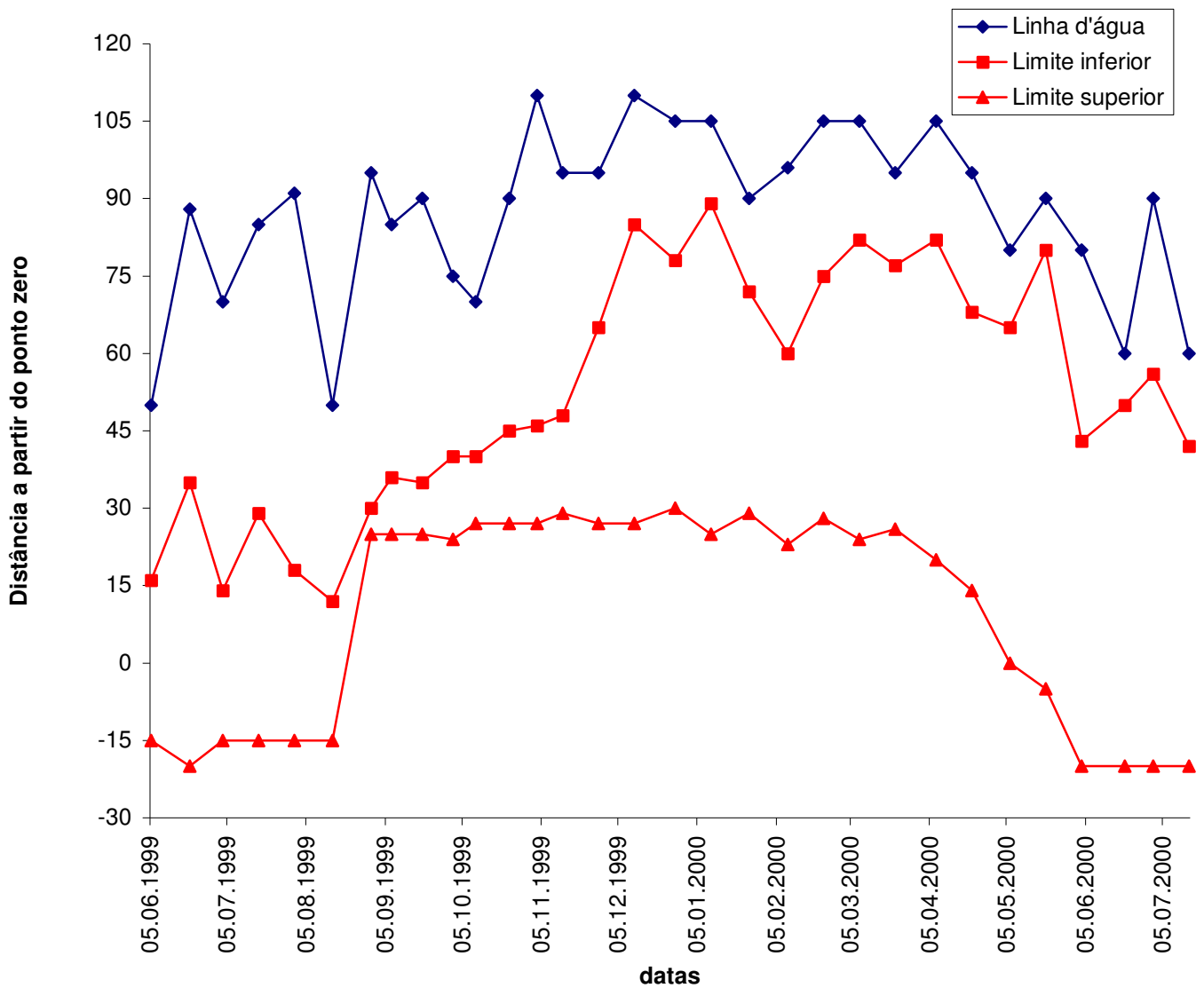


Figura 9: Limites da mancha de *Efflagitatus freudei* na praia e a posição da linha d'água. A distância entre o limite superior e o limite inferior à amplitude da mancha. A distância até a linha d'água equivale à largura da faixa praial.

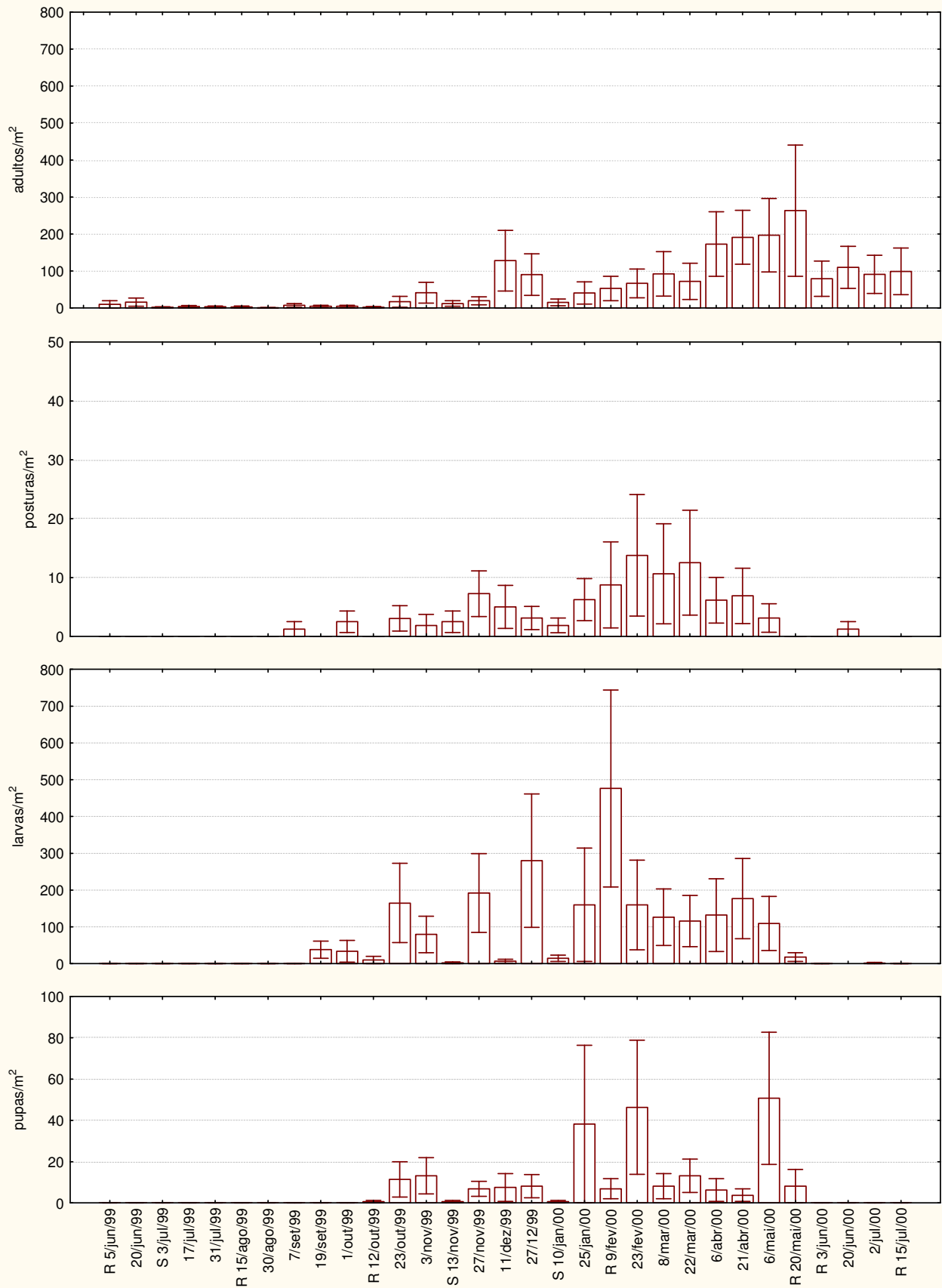


Figura 10: Densidade média de *Eflagitatus freudei* por ocasião de amostragem. Datas antecedidas pela letra R indicam a ocorrência de um evento de ressaca antes da ocasião de amostragem. A letra S indica a passagem de sangradouro pela área. Rondinha, Rio Grande do Sul (29°29'55"S – 49°50'47"O). Junho de 1999 a julho de 2000. Atenção para escalas diferentes para pupas e posturas.

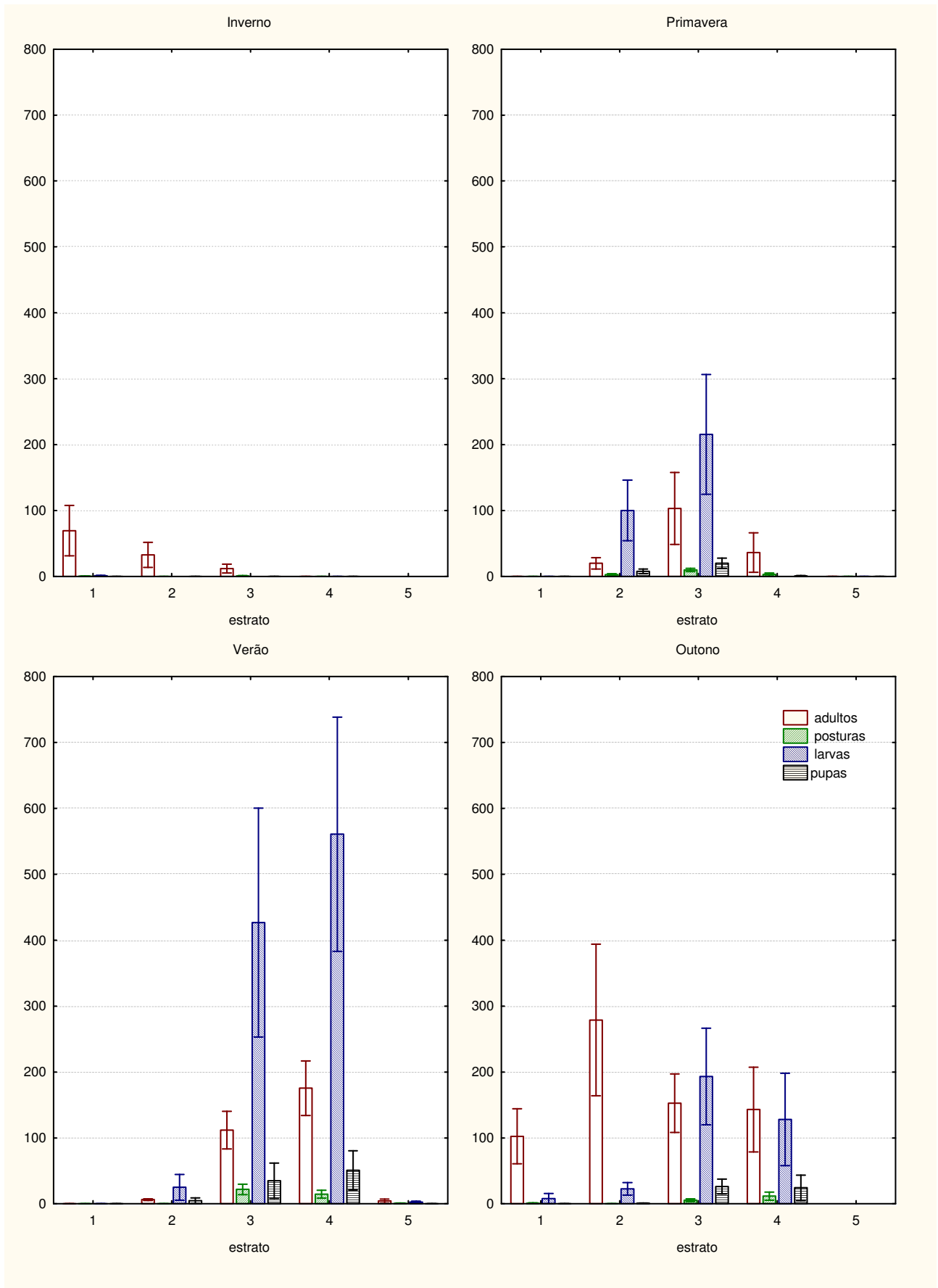


Figura 11: Densidade média de *Eflagitatus freudei* por estrato nas diferentes estações do ano. Rondinha, Rio Grande do Sul, Brasil (29°29'55"S – 49°50'47"O). Junho de 1999 a julho de 2000.

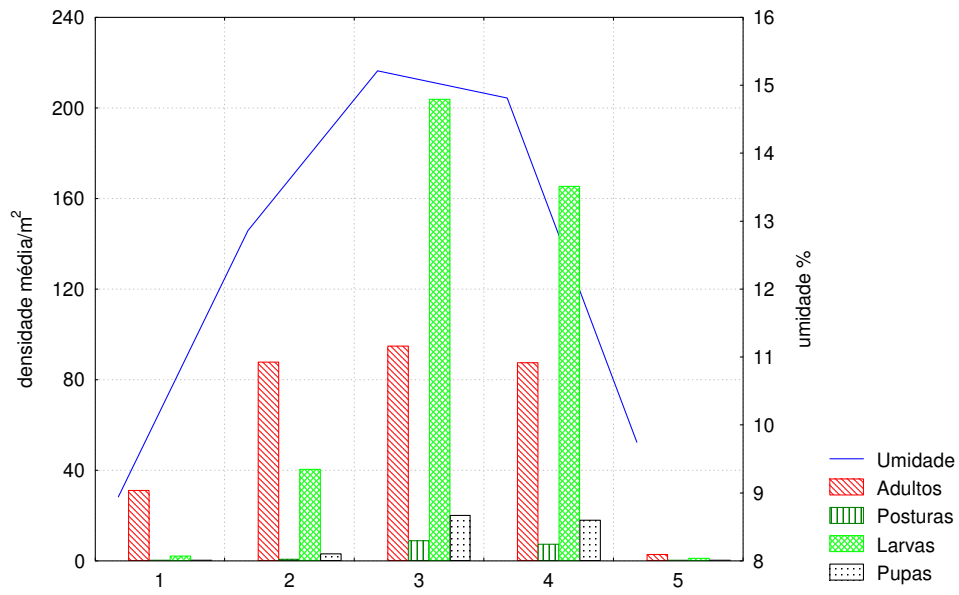


Figura 12: Densidade média e umidade média por estrato.