

## Icnofauna de depósitos costeiros modernos do sul do Brasil

Marcelo Engelke GRANGEIRO<sup>1</sup> e Renata Guimarães NETTO<sup>1</sup>

**Abstract.** ICHNOFAUNA OF MODERN COASTAL DEPOSITS FROM SOUTHERN BRAZIL. With the objective of establishing the relationship between coastal deposits and ichnofacies, an ichnofauna from modern coastal environments of the Rio Grande do Sul State, southern Brazil, is analyzed here. The seaward area of the Peixe Lagoon was chosen because of its proximity to the sea. Y- and J-shaped burrows made by the crabs *Chasmagnatus granulata* and *Uca uruguayensis* (the later occupied by the crab *Metasesarma rubripes*) dominate the ichnocoenosis, followed by bird and other vertebrate trackways on the lagoon margins. Insect trails and burrows also occur, as well as ant galleries. Horizontal and vertical burrows of polychaetes, and resting and escape traces of *Callinectes sapidus* dominate the benthic ichnocoenosis of the lagoon. Analogies between the ichnocoenosis from the Peixe Lagoon and the *Psilonichnus* ichnofacies provide information on the processes related to faunal distribution in coastal environments.

**Resumo.** Buscando subsídios para melhor compreensão dos processos vinculados ao estabelecimento das icnofácies costeiras, procedeu-se ao levantamento da icnofauna existente na região da barra de desembocadura da Lagoa do Peixe, um corpo d'água raso, litorâneo, remanescente do último evento regressivo holocênico ocorrido na Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Galerias em Y e J feitas para moradia por caranguejos das espécies *Chasmagnatus granulata* e *Uca uruguayensis* (estas ocupadas por caranguejos da espécie *Metasesarma rubripes*) e trilhas de aves dominam a icnofauna registrada nas margens da lagoa, que é complementada por escavações de pastagem e moradia de poliquetas, estruturas de repouso e de fuga de siris (*Callinectes sapidus*) e trilhas de deslocamento de caranguejos, nas áreas inundadas e de canais. Secundariamente, trilhas e galerias de artrópodes (grilotalpídeos, himenópteros e escarabeídeos) são observadas próximo ou junto ao cordão de dunas, associados à vegetação (gramíneas de restinga) e a trilhas de répteis e pequenos vertebrados (roedores). Melhor estudada até o momento, as galerias de crustáceos são análogas ao icnogênero *Psilonichnus* Fürsich e seu padrão de distribuição no ecossistema é equivalente àquele estipulado para a Icnofácies *Psilonichnus*. A análise acurada da icnofauna do canal da barra de desembocadura da Lagoa do Peixe permitiu estabelecer uma analogia entre a faciologia e a icnofaciologia inferida para depósitos costeiros e os processos atuantes no ambiente moderno, e o conseqüente condicionamento ambiental da fauna aí distribuída.

**Key words.** Ichnocoenosis. *Psilonichnus*. Coastal environment. Brazil.

**Palavras chave.** Icnofauna. *Psilonichnus*. Ambiente costeiro. Brazil.

### Introdução

Apesar de bastante difundidos na década de 80, estudos neoiológicos ainda são pouco expressivos, se comparados com a vasta literatura paleoicnológica. Dentre os diversos tipos de ambientes aptos a abrigar organismos que interagem com o substrato, os ambientes costeiros são os mais estudados, quer pela facilidade de acesso, quer pela variabilidade de ecossistemas que apresentam.

Buscando subsídios para melhor compreensão dos processos vinculados ao estabelecimento das icnofácies costeiras, procedeu-se ao levantamento da icnofauna existente na região do canal da barra de

desembocadura da Lagoa do Peixe, um corpo d'água raso, litorâneo, remanescente do último evento regressivo holocênico ocorrido na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Alimentada por pequenos canais e constantemente assoreada pelo avanço do cordão de dunas, a área da lagoa constitui hoje um parque nacional, com fauna e flora sujeita a proteção legal, o que busca garantir a manutenção das condições naturais da área que, assim, caracteriza um potencial análogo para depósitos costeiros antigos.

As galerias de caranguejos e trilhas de aves e artrópodes que dominam a icnofauna registrada nas margens da lagoa remetem à Icnofácies *Psilonichnus*, que tem sido utilizada largamente no registro geológico como um demarcador de *backshore*. Este trabalho tem, por objetivo, a análise acurada da icnofauna

<sup>1</sup>PPGeo UNISINOS, Av. Unisinos, 950, 93022-000 São Leopoldo RS, Brasil  
marcelog@euler.unisinos.br

**Figura 1.** Mapa de localização da Lagoa do Peixe /Location map of Lagoa do Peixe.

do canal da barra de desembocadura da Lagoa do Peixe, no sentido de avaliar seu potencial como análogo moderno da Icnofácies *Psilonichnus*, e, se possível, revisar as interpretações vigentes sobre seu vínculo com as zonas de *backshore*.

### **Localização da área de estudo**

A Lagoa do Peixe esta situada no litoral sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (coordenadas UTM 6.547.000 m N/507.000 m E e 6.525.000 m

N/485.000 m E, (figura 1), em um contexto marginal marinho, caracterizado por costões arenosos de mar aberto que produzem faixas de praia com até 100 m de largura. Comunica-se com o mar por um canal, esporadicamente aberto. A profundidade média da lagoa é de 50 cm e a largura, 1 km, possuindo características marinhas quando do rompimento da barreira pelo canal de arrombamento. Sofre, ainda, constante assoreamento por mantos de aspersão eólica, que mantém sua profundidade baixa, com exceção do canal, onde esta grada de 50 cm a 5 m, em direção ao mar.

## Geomorfologia e sedimentologia

A Lagoa do Peixe está assentada sobre o Sistema Barreira III (Villwock *et al.*, 1994b). Limita-se a leste pelo cordão de dunas litorâneas atual, em geral barcanas, com altura média de 5 m e constituídas de areias finas amarelo claro, com grãos bem selecionados, bimodais (Villwock *et al.*, 1994). O limite oeste é demarcado por uma pequena falésia de, aproximadamente, 5 m de altura, constituída por sedimentos amarelo-alaranjados, quartzosos, de natureza eólica e idade holocênica ( $\pm$  5.100 anos, Tomazelli *et al.* 1991), relativos ao pico transgressivo. Esta falésia foi inicialmente interpretada por Delaney (1965) como resultado de falhamentos. Os estudos de Villwock *et al.* (1994b), contudo, discordam dessa interpretação, avaliando-a como resultado da erosão de depósitos holocênicos.

A lagoa em si dista da praia, aproximadamente, 100 m, estendendo-se por uma área de 45 km de comprimento e dispondo-se paralela à linha de costa, com orientação NE-SW. A abertura da barra se dá, em geral, pela ação de tempestades. Ao que parece, a lagoa é resultado do último evento regressivo ocorrido na Planície Costeira do RS, onde os cursos fluviais que desaguavam no mar foram confinados pela geração de uma barreira (cordão de dunas) e inundaram as planícies e depressões rasas adjacentes.

A barra de desembocadura da Lagoa do Peixe se caracteriza pela presença de depósitos arenosos finos, quartzosos, bimodais, com estratificação cruzada tangencial de pequeno porte e geometria lenticular, que caracterizam os depósitos de *foreshore* (McCubbin, 1992) associados a processos de rompimento da barreira. Por sobre esses sedimentos, assentam-se depósitos arenosos de igual característica granulométrica e estratificação plano-paralela, compondo pacotes tabulares que, por vezes, truncam os depósitos de *foreshore*. Os depósitos mais superficiais são constantemente retrabalhados pela ação eólica, formando marcas de ondulação assimétricas, de crista sinuosa, que migram no sentido NE-SW.

Esse conjunto de sedimentos caracteriza o sistema de barreiras atual (Sistema Barreira IV, Tomazelli e Villwock, 2000). Feições de antidunas, turboglifos e estruturas de carga representam o retrabalhamento subaquático desses corpos arenosos, quando do rompimento da barreira. Evidências da ação de micromarés são dadas pela presença de marcas de ondulação bidirecionais, opostas. Escavações de *Ocypode quadrata* são comuns nesses depósitos.

Cordões de dunas eólicas, do tipo barcana desenvolvem-se laterais ao canal da barra de desembocadura e alinhados paralelamente, em relação à costa. A textura das areias obedece ao mesmo padrão dos de-

pósitos de barreira, com estratificação cruzada cunha-planar e retrabalhamento das superfícies por marcas de ondulação assimétrica, de crista sinuosa (NE-SW). *Tool marks* e marcas de arraste da vegetação rasteira (em função do vento) completam o conjunto das estruturas primárias observadas. Trilhas, pistas de deslocamento e escavações de vertebrados e invertebrados são freqüentemente registradas nas dunas.

Os sedimentos depositados na depressão da lagoa são trazidos tanto pelos canais que a alimentam, como pelo manto de aspersão eólica e, mais esporadicamente, pelos processos de *washover*. Dominam depósitos arenosos, de textura equivalente à dos depósitos de barreira. Delgados pacotes de pelitos depositam-se em pequenas depressões nas áreas inundadas laterais aos canais, formando corpos lenticulares. Um canal principal alimenta a lagoa na região próxima à barra de desembocadura, desaguando no mar. Este canal possui orientação NW-SE, profundidade média de até 5 m e largura máxima de 200 m, quando a barra está aberta.

A migração dos cordões de dunas e o assoreamento pelos mantos de aspersão eólica constroem ilhas de barreira, em frente à desembocadura do canal, junto ao mar, e barras em pontal, dentro dos canais. Lateralmente, evidenciam-se alguns canais secundários, que podem secar, durante os períodos de menor pluviosidade e/ou secas. As estruturas biogênicas observadas pertencem, em sua maioria, à fauna bentônica associada aos canais secundários, que é composta por poliquetas, siris azuis, pelecípodes, caranguejos e aves.

As áreas inundadas laterais aos canais são compostas por sedimentos areno-pelíticos, com acúmulo de matéria orgânica, e são periodicamente expostas, quando do rebaixamento do nível das águas da lagoa. Durante os períodos de exposição, o sedimento evidencia uma certa perda de água intersticial, não o bastante para gerar fendas de ressecamento. Escavações de crustáceos compõem as principais estruturas biogênicas observadas. As regiões mais afastadas do corpo d'água, tanto nas margens da lagoa quanto nas barras dentro dos canais, apresentam vegetação de restinga, predominantemente gramíneas.

A salinidade das águas da lagoa é flutuante e depende do aporte de água salgada que ingressa em função da abertura da barra. Entretanto, observa-se uma concentração da salinidade nos períodos de rebaixamento das águas, em especial na água intersticial.

## Estruturas sedimentares biogênicas

### *Escavações de crustáceos (Decapoda, Brachyura)*

*Galerias em Y*: galerias verticais, oblíquas ou cilíndricas, em forma de "Y". Limite da escavação bem



**Figura 3.** **A.** Molde em resina de galeria de *Ocypode quadrata* / Polyester resin cast of an *Ocypode quadrata* gallery. **B.** Molde em resina de galeria de *Uca uruguayensis* / Polyester resin cast of an *Uca uruguayensis* gallery. **C.** Molde em resina de galeria de *Chasmagnathus granulata*. Escala: 5 cm. / Polyester resin cast of a *Chasmagnathus granulata* gallery. Scale: 5 cm.

marcado, desprovido de revestimento e sem ornamentações. Ramificações dicotômicas abrindo-se em direção à superfície do substrato. Escavações em sedimento areno-pelítico, formando substratos do tipo *softground*. O ramo principal da galeria possui diâmetro entre 7 e 10 cm e profundidade de, aproximadamente, 50 cm. Os diâmetros do ramo secundário oscilam entre 5 e 7 cm, atingindo até 20 cm de profundidade, quando então se conecta com o ramo principal. Ambos os ramos abrem-se na superfície do substrato e são circundados pelo sedimento extraído

da luz da galeria, depositado de forma irregular. Escavações permanentes ou semipermanentes, feitas para moradia e habitadas por indivíduos de *Chasmagnathus granulata* (figuras 2.A e 3.C).

*Galerias em J:* galerias verticais, perpendiculares ao plano de acamamento, em forma de “J”, podendo apresentar ramificação dicotômica na base, com fundo cego (“*culs-de-sac*”). Limite da escavação bem marcado, sem revestimento ou ornamentação. A haste principal possui diâmetro entre 8 e 10 mm e o comprimento varia de 12 a 17,5 cm.

**Figura 2 A:** Indivíduo de *Chasmagnathus granulata* dirigindo-se para uma das duas aberturas da galeria. Escala: 5 cm. / *A specimen of Chasmagnathus granulata walking to one of the two apertures of gallery. Scale: 5 cm.* **B:** Abertura de galeria de *Uca uruguayensis* com pelets de sedimento ao redor. Escala: 5 cm. / *Opening of a gallery of Uca uruguayensis surrounded by sediment. Scale: 5 cm.* **C:** Rastros horizontais de poliqueto em substrato subaquoso. / *Horizontal polichaete trails in a subaqueous substrate.* **D:** Escavações horizontalizadas de grilotalpidae em substrato úmido. Tampa da lente: 5 cm. / *Horizontal burrows of a mole cricket in a moist substrate. Lens cap: 5 cm.* **E:** Trilha de Escarabaeidae (à direita) interceptada pela trilha de um predador (à esquerda). No ponto de encontro das duas, marcas de predação e os restos do escarabeídeo. Tampa da lente: 5 cm. / *A predator trackway (left) reaching an Escarabaeidae beetle trackway (right). Predation traces and remains of the beetle are also shown. Lens cap: 5 cm.* **F:** Trilha de Escarabaeidae com o sulco resultante da pressão do abdômen. Tampa da lente: 5 cm. / *Escarabaeidae trackway with a groove resultant of the abdomen pressure down to the substrate. Lens cap: 5 cm.* **G:** Pegadas de ave em torno de restos de *Chasmagnathus granulata*. Tampa da lente: 5 cm. / *Bird tracks around the remains of a Chasmagnathus granulata. Lens cap: 5 cm.* **H:** Trilha de réptil em substrato seco. Tampa da lente: 5 cm. / *Reptile trackway in dry substrate. Lens cap: 5 cm.*

Escavações feitas em substrato do tipo *softground*, em processo de transição para *firmgrounds*, vegetados por espécimes de *Spartina densiflora*. Apresentam acúmulo de pelotas de sedimentos agregados em torno da abertura, formadas por material retirado da luz da escavação. Escavações permanentes ou semipermanentes feitas para moradia por *Uca uruguayensis*, mas normalmente ocupadas por indivíduos da espécie *Metasesarma rubripes* (figuras 2.B e 3.B).

*Galerias oblíquas*: galerias verticais, oblíquas ao plano de acamamento, sem ramificações. Limite da escavação bem marcado, com discreta ornamentação por *pellets*, formando cristas longitudinais. A haste principal possui diâmetro de até 3 cm e o comprimento pode atingir cerca de 60 cm. Escavações feitas em substrato arenoso (*softground*), com caráter permanente ou semi-permanente, feitas por *O. quadrata* (figura 3.A).

#### *Trilhas de deslocamento de caranguejos*

Trilhas formadas por uma série pareada de pequenos sulcos, dispostos de forma paralela ao eixo da trilha e compostos por uma depressão circular, a partir da qual se estende uma ranhura de até 3 mm de largura. O comprimento total de cada sulco é de até 12 mm. O comprimento das trilhas é variável e a largura total da trilha, que corresponde à largura corporal do caranguejo, varia com o tamanho dos indivíduos, tendo sido observadas trilhas contendo desde 6 até 10 cm de largura. A depressão circular representa o primeiro ponto de apoio das patas e as ranhuras, o arraste das mesmas, evidenciando o deslocamento do animal (figura 2.A).

#### *Estruturas de repouso e escape de Callinectes sapidus*

Escavação rasa, oblonga, feita a partir da atividade dos carpos do último par de pernas e resultando no recobrimento do cefalotórax do animal, que permanece apenas com os olhos e as antenas ao ar livre. O sedimento escavado é empurrado para frente, formando um montículo em forma de meia lua, na porção anterior da escavação, e outro, mais discreto e alongado, na região posterior. A largura maior da escavação, em formas adultas, atinge cerca de 12 cm e a menor, 5 cm. A profundidade é de 3 cm, em média. Ranhuras ou outras feições ornamentais não são observadas.

#### *Estruturas feitas por poliquetas*

*Horizontais*: rastros deprimidos no eixo mediano longitudinal e dotados de cristas laterais contínuas, que dão à estrutura um formato de calha, produzidos

por poliquetas capitelídeos errantes, de hábito detritívoro. Limite da estrutura sem evidências de ornamentação e sem lineação de muco. Não possuem ramificações, sendo gerados em substrato inconsolidado do tipo *softground*, na interface substrato/lâmina d'água, em decorrência do deslocamento e/ou da atividade de pastagem (figura 2.C).

*Verticais*: escavações simples, com 2 a 3 mm de diâmetro, sem ramificações, feitas em substrato inconsolidado, do tipo *softground*, e abrindo-se na interface substrato/lâmina d'água, nas zonas de canal. Caracterizam estruturas permanentes ou semipermanentes de moradia.

#### *Escavações de insetos*

Escavações horizontalizadas, endoestratais, raramente bifurcadas ou trifurcadas, feitas junto à superfície de substratos arenosos do tipo *softground*. Limite da escavação bem marcado, sem paredes, nem lineação por muco. É comum observar uma desestruturação do teto da galeria, que desaba e obstrui a luz da escavação, conferindo-lhe um falso aspecto bilobado (na verdade, um aspecto pós-genético). Do ponto de vista singenético, as galerias de grilotalpídeos se apresentam com teto arqueado e uniforme. A ornamentação meniscada do preenchimento da escavação é resultado do movimento das pernas escavadoras (Chamberlain, 1975). Escavações longas, de trajetória retilínea a sinuosa, sem um padrão preferencial, mas ocorrendo sempre associada aos níveis umedecidos do substrato (figura 2.D).

Observam-se variações discretas no padrão de ornamentação externo das escavações, de acordo com o tipo e a consistência do substrato, sendo pouco definidas em *soupgrounds*, finamente ornamentadas em *softgrounds* e fraturadas, em *firmgrounds*. Escavações produzidas por grilotalpídeos para prospecção de nutrientes.

São observadas ainda trilhas providas de uma depressão central contínua, guardada em ambos os lados por cristas igualmente contínuas, ladeadas externamente por pequenas pegadas. Tais pistas irregulares são atribuídas ao deslocamento de coleópteros escarabeídeos e de outras famílias. A depressão central descrita corresponde ao arraste do abdômen do inseto (figura 2.E).

Sistemas de galerias construídos por formigas aparecem nas áreas cobertas por gramíneas (*Paspalo vaginatum*) e cactáceas (*Cereus* sp.), em geral iniciando-se a partir da superfície do solo e desenvolvidos totalmente em seu interior, sem a geração de montículos externos. Estudos de caráter sistemático para reconhecimento taxonômico das formigas atuantes na área, bem como da arquitetura do formigueiro, ainda não foram efetuados.

**Figura 4.** Desenho esquemático localizando as icnocenoses presentes na Lagoa do Peixe. / *Schemet of the ichnocenoses occurring in Peixe lagoon.*

#### *Trilhas de vertebrados*

*Aves:* trilhas retas ou curvas, formadas por pegadas tri ou tetradáctilas sobre substrato seco ou úmido, de natureza arenosa. Verificam-se vários grupos de pegadas, de vários tamanhos (figura 2.G). No grupo de pegadas maiores (tetradáctilas de padrão bípede), o dígito II possui 16 cm, com hypex de 25° (Leonardi, 1979).

*Répteis:* grupos de pegadas formando trilhas, com sulco mediano contínuo, deprimido e bordejado por cristas igualmente contínuas. Lateralmente à depressão, verificam-se pegadas em posição alternada em relação ao sulco mediano. O padrão de deslocamento é reptiliano (Leonardi, 1979), sugerindo, portanto, lagartos (figura 2.H). Ocorrem, preferencialmente, sobre as dunas, não sendo freqüentes nas margens da lagoa.

#### **Caracterização das icnocenoses**

O conjunto de estruturas sedimentares biogênicas presentes na região do canal da barra de desem-

bocadura da Lagoa do Peixe constitui o reflexo de re-trabalhamento do substrato pelas comunidades bentônicas e por aquelas que desta se alimentam. Assim, a utilização do substrato de diferentes zonas da região pelas biocenoses que aí se estabelecem, gerará no registro sedimentar, uma icnocenose correspondente.

O termo “icnocenose” é tratado por Bromley (1996) como uma “assembléia de traços fósseis que deriva de uma comunidade endobentônica. Embora o conceito se refira a “traços fósseis” (leia-se aqui estrutura sedimentar biogênica, ver Bromley, 1996 p. 208), o autor chama a atenção para o uso incorreto do termo “icnocenose”, quando aplicado ao registro fóssil. De forma estrita, icnocenose, refere-se à interação entre a biocenose e o substrato, sendo, portanto, um termo aplicado ao registro moderno.

Reconheceu-se, na Lagoa do Peixe, duas icnocenoses distintas, sendo uma subaquática, de fundo de lagoa, e outra subaérea, disposta nas áreas emersas das margens da lagoa e arredores, e composta por uma suíte de substratos secos e outra de substratos úmidos (figura 4).

### *Incocenose subaquática*

A incocenose subaquática é composta predominantemente por escavações verticais e horizontais de poliquetas e por tênues estruturas de repouso e escape feitas por *Callinectes sapidus*. As escavações de poliquetas dominam a incocenose e se distribuem de acordo com a energia do meio. As escavações horizontais são próprias de zonas inundadas de baixa energia, caracterizando comportamento de pastagem do animal sobre tapetes microbianos. As verticais são evidenciadas junto às zonas de canal, deixando claro o hábito filtrador do animal. É provável, neste caso, que as escavações sejam revestidas por muco, no sentido de garantir sua estabilidade (Bromley, 1996). Aberturas circulares na superfície do substrato indicam os locais de ocorrência dessas escavações. Sob condições de lâmina d'água muito rasa, observam-se as marcas deixadas pelo arraste da probóscide junto à superfície do substrato, dispostas radialmente em relação à abertura da escavação.

Também sob condição de lâmina d'água muito rasa, observam-se, além das aberturas de escavações verticais de poliquetas, pares de aberturas circulares equidistantes. Moldes de resina mostraram ser hastes verticais a inclinadas, com forte tendência a convergir, à medida que se aprofundam no substrato. É possível que se tratem de aberturas feitas pelos sífões do pelecípode *Tagelus plebeius*, cujas valvas desarticuladas são freqüentemente encontradas sobre o leito da lagoa, pois servem de alimento à avefauna local.

### *Incocenose subaérea*

**Suíte de substratos úmidos:** formada, essencialmente, pelas galerias em forma de "J" e "Y", feitas por *U. uruguayensis* e *C. granulata*, respectivamente, e por trilhas de deslocamento de caranguejos. A plasticidade do substrato no qual são escavadas as galerias (um *softground* gradando para *firmground*) garante a sustentação das paredes, que são desprovidas de cimentação. A dominância de escavações de caranguejos nessa suíte é decorrente da superficialidade do lençol freático, que inunda completamente o fundo das galerias, já a partir de 30 cm de profundidade. As galerias de *U. uruguayensis* distribuem-se pelas mesmas áreas que as de *C. granulata*, ocorrendo, no entanto, em menor freqüência. A porção curva das escavações em "J" e o terço inferior das galerias em "Y" apresentam-se sempre inundados. Assim, a respiração branquial é garantida pelo acúmulo de água no fundo das galerias.

As galerias dos caranguejos dispõem-se lado a lado, preservando sempre sua forma individual. As populações de *C. granulata* e *M. rubripes* acompanham as flutuações do nível de base da lâmina d'á-

gua, ocupando o território úmido disponível na região da barra de desembocadura da lagoa durante todo o ano, e ocultando-se, durante o inverno, em suas escavações. Estas são feitas para servir de moradia permanente ou semipermanente dos indivíduos, podendo, no caso das galerias em Y abrigar um par de caranguejos (esporadicamente, mais de dois), em geral macho e fêmea. Desta forma, as galerias habitadas por *C. granulata* e *M. rubripes* refletem um padrão etológico de moradia, caracterizado, do ponto de vista da escavação, pela estabilidade das paredes e pela manutenção da luz da galeria aberta, que lhe conferem um caráter estacionário. A presença de um ramo secundário garante a circulação de água no interior da galeria.

Em áreas mais protegidas, como margens estáveis da lagoa e áreas mais distantes da costa (ambas recobertas por vegetação), ocorrem galerias com entradas múltiplas, habitadas por grande quantidade de indivíduos de *C. granulata*, jovens e adultos. As formas jovens ocorrem em maior número, sugerindo tratar-se de estruturas de nidificação. Essa localização estratégica faz com que a população juvenil reduza ao mínimo seu tempo de exposição ao ambiente e aos possíveis predadores. Por outro lado, a ocorrência dominante das galerias de *U. uruguayensis* sempre associadas à vegetação, no contexto das margens lagoa, reflete a adoção de um hábito trófico fitófago preferencial pelos produtores.

**Suíte de substratos secos:** a suíte de substratos secos é constituída por escavações e galerias de artrópodes (predominantemente insetos, com destaque para os ortópteros e himenópteros), além de trilhas de vertebrados (predominantemente répteis e aves). Apesar de incipientes, aberturas de forma arredondada, associadas a montículos, podem ser encontradas e sugerem a existência de galerias com entradas múltiplas e conexões internas, a exemplo das escavações de moradia feitas por *Chitenemis* (roedores de pequeno porte). Dominante junto aos depósitos de dunas e interdunas, a incocenose de substratos secos se estende até o *backshore*, onde se observam escavações de *O. quadrata*.

Ao longo da orla da lagoa observam-se extensos cordões de dunas. Em muitas destas dunas é possível perceber trilhas de aves intersectando galerias irregulares e superficiais de grilotalpídeos. A aparência irregular dos traçados sugere um comportamento de mineração de nutrientes depositados junto ao substrato. Tanto ao longo da orla da lagoa quanto dentro dela, verifica-se a ocorrência de trilhas de aves que aí vivem em grandes bandos, com domicílio fixo, ou migratórias. As trilhas apresentam-se irregulares e extensas, evidenciando deslocamento do animal, às vezes dispendo-se de forma irregular, com os grupos de pegadas associados a marcas de perfurações pelo

bico, sugerindo atividade de predação.

A análise das suítes que compõem a icnocenose subaérea mostra que a distribuição das galerias de caranguejos na região da barra de desembocadura da lagoa se dá, predominantemente, em situação marginal ao corpo d'água principal, sugerindo sua potencialidade como indicadores de áreas marginais a corpos d'água salobros. Este padrão é próximo daquele estabelecido na caracterização da Icnofácies *Psilonichnus* (Frey e Pemberton, 1987), vinculada, em geral, como própria de depósitos subaéreos em zonas de baixa salinidade, junto ao *backshore* (apesar de, originalmente, ser reconhecida em áreas adjacentes a esses depósitos). Se bem as condições físico-químicas do meio sejam equivalentes, as galerias de *U. uruguayensis* e *C. granulata*, na região estudada, preservam-se além do *backshore*, ou seja, em depósitos lagunares/estuarinos estabelecidos atrás do campo de dunas. Apesar disso, acredita-se poder estabelecer uma analogia com a Icnofácies *Psilonichnus* (Frey e Pemberton, 1987; Pemberton e Jones, 1989; Curran e White, 1991).

### Considerações finais

Tanto a icnocenose subaquática quanto a suíte de substratos úmidos da icnocenose subaérea, registradas na área do canal da barra de desembocadura da Lagoa do Peixe, refletem padrões de associação compatíveis com aqueles registrados por Gingras *et al.* (1999, 2000) para Willapa Bay, costa noroeste dos Estados Unidos. A exemplo do que foi desenvolvido pelos autores, e na esteira de trabalhos predecessores (Frey *et al.*, 1984), a região do canal da barra de desembocadura da Lagoa do Peixe é potencial para estudos de analogia da distribuição da icnofauna em depósitos costeiros, em ambientes antigos. Permite também o refinamento dos parâmetros utilizados na caracterização das icnofácies costeiras, a partir da análise dos processos em ação e da interação do produtor das estruturas biogênicas e o substrato em si.

A Icnofácies *Psilonichnus* é a única formalmente definida para depósitos costeiros, até o momento (Bromley, 1996; ), sendo tradicionalmente reconhecida no registro fóssil pela ocorrência de galerias de caranguejos, apesar das referências feitas por Frey e Pemberton (1987), Pemberton e Jones (1989) e Pemberton *et al.* (1992) sobre a ocorrência significativa de trilhas e escavações de artrópodes em sua icnocenose. Na associação de *Psilonichnus* presente na Lagoa do Peixe, essa situação é francamente observada na suíte de substratos secos, associadas a galerias de *Ocypode quadrata*, mas não se percebe na suíte de substratos úmidos, onde dominam exclusivamente as galerias de *Chasmagnatus granulata* e *Uca uruguayensis*. Aparentemente, os insetos respon-

sáveis pela geração dessas trilhas e escavações na área de estudo evitam os substratos úmidos, e o potencial de preservação de suas estruturas nos substratos secos, arenosos, é mínimo. As galerias de caranguejo, assim, levam vantagem na preservação sobre as demais estruturas observadas nessa associação. Essa é, porém, uma situação bastante particular da área de estudo, pois é comum encontrar insetos e outros artrópodes terrestres que apreciam substratos úmidos. Neste caso, as chances de preservação de suas estruturas, num ambiente em que a superfície do substrato vai sendo continuamente recoberta pelos mantos de aspersão eólica (como é o caso das margens da lagoa), aumentam consideravelmente. Assim, seria prudente levar em conta a observação de Frey e Pemberton (1987) de que a presença de trilhas e escavações de insetos, em depósitos marginais marinhos, sejam potenciais indicadores de icnocenose do tipo *Psilonichnus* em depósitos pré-jurássicos, quando os caranguejos ainda não haviam se diversificado.

### Agradecimentos

Agradecemos ao IBAMA, através da direção do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, pela licença de acesso à área de trabalho e infraestrutura disponibilizada. Aos colegas Carlos H. Nowatzki, Ernesto Lavina e Ricardo da C. Lopes, pela participação, orientação e apoio às discussões sobre a geologia sedimentar da área de trabalho. Ao bolsista PIBIC Marcelo Zagonel, pelo auxílio em campo e na digitalização de mapas e figuras. A Mariano Verde e Jordi M. de Gibert, pela revisão crítica do manuscrito. Trabalho vinculado ao projeto FAPERGS 98/0962.5.

### Bibliografia

- Bromley, R.G. 1996. *Trace fossils. biology, taphonomy and applications*. Chapman and Hall, London, 316 p.
- Chamberlain, C.K. 1975. Recent lebensspuren in nonmarine aquatic environment. En: R.W. Frey (ed). *The study of trace fossils*, Springer, New York, pp. 431-458.
- Curran H. A. e White B. 1991. Trace fossils of shallow subtidal to dunal ichnofacies in Bahamian Quaternary carbonates. *Palaios*, 6: 498-510.
- Delaney, P.J.V. 1965. Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação especial, Escola de Geologia*, UFRGS, Porto Alegre. 6: 1-105
- Frey, R.W., Curran, H. A. e Pemberton, S.G. 1984. Tracemaking activities of crabs and their environmental significance: the ichnogenus *Psilonichnus*. *Journal of Paleontology*, 58: 333-350.
- Frey R. W. e Pemberton S. G. 1987. The *Psilonichnus* Ichnocenosis and its relationships to adjacent marine and non marine Ichnocenoses along the Georgia Coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 35: 333-357.
- Fürsich, F.T. 1981. Invertebrate trace fossils from the Upper Jurassic of Portugal. *Comum. Serv. Geol. Portugal*, 67: 153-168.
- Gingras, M.K., Pemberton, S.G., Saunders, T. e Clifton, H.E. 1999. The ichnology of modern and Pleistocene brackish-water deposits at Willapa Bay, Washington: variability in estuarine settings. *Palaios*, 14: 352-374.
- Leonardi, G. 1979. Glossário comparado da Icnologia de vertebrados em português e uma história dessa ciência no Brasil. *Cadernos Universitários*, 17, Brasília, 55 p.

- McCubbin, D.G. 1992. Barrier-island and the strand-plain facies. En: P.A. Scholle, D. Spearing (eds.) *Sandstone depositional environments*, AAPG, Tulsa, p. 247-279.
- Pemberton, S.G. e Jones, B. 1989. Sedimentology and Ichnology of a Pleistocene unconformity-bounded, shallowings-upward carbonate sequence: the Ironshore Formation, Salt Creek, Grand Cayman. *Palaios*, 4: 343-355.
- Pemberton, S.G., MacEachern, J. e Frey, R.W. 1992. Trace fossil facies models, environmental and allostratigraphic significance. In: R.G. Walker e N.P. James (eds.). *Facies models - response to sea level change*. St. Johns, Geological Association of Canada, p. 47-72.
- Tomazelli, L.J. e Villwock, J.A. 1991. Geologia do sistema lagunar holocênico do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas* 18:13-24.
- Tomazelli, L.J. e Villwock, J.A. 2000. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: geologia da Planície Costeira. In: M. Holz e L.F. De Ros (eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. Edição CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 375-406.
- Villwock, J.A., Tomazelli, L.J., Loss, E.L., Dehnhardt, E.A., Bachi, F.A., Dehnhardt, B.A., Godolphim, M.F. e Horn Filho, N.O. 1994. *Mapa Geológico da província costeira do Rio Grande do Sul*. Escala 1: 1.000.000. CECO, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**Recibido:** 3 de diciembre de 2001.

**Aceptado:** 15 de diciembre de 2002.