

Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de Duas Marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS: Diversidade, Flutuação de Abundância e Similaridade como Indicadores de Conservação

Cristiane Ferras Bolico¹✉, Eduardo Alves Oliveira², Marcel Lucas Gantes¹, Luiz Felipe Cestari Dumont¹, Daiane Silveira Carrasco¹ & Fernando D'Incao¹

1. Universidade Federal do Rio Grande, e-mail: cristiane.bolico@furg.br (Autor para correspondência✉), marcelgantes@furg.br, felipe_dumont@hotmail.com, daiane_carrasco@hotmail.com, dincao@mikrus.com.br. 2. Instituto Federal Farroupilha, e-mail: eduardo.ao@al.iffarroupilha.edu.br.

EntomoBrasilis 5 (1): 11-20 (2012)

Resumo. O trabalho objetiva inventariar a mirmecofauna de duas marismas distintas e estimar a diversidade, similaridade, bem como relacionar a temperatura, umidade relativa do ar e a pluviosidade aos padrões de flutuação de abundância desses insetos. Além disso, foram reconhecidas as espécies que atuam como indicadores ambientais. O estudo foi realizado em duas marismas localizadas no Estuário da Lagoa dos Patos, Ilha da Torotama e Molhe Oeste da Barra. Foram capturados 853 formicídeos, distribuídos em 19 gêneros. As duas marismas apresentaram índices de diversidade e abundância semelhantes, $D_s = 0,958$ e $I = 0,042$ na Ilha da Torotama e $D_s = 0,8889$ e $I = 0,111$ no Molhe Oeste da Barra. As flutuações dos grupos de formicídeos coincidiram em ambas as áreas, ocorrendo os picos durante os meses quentes. Grupos considerados bioindicadores estiveram presentes na amostragem, fornecendo parâmetros de conservação ambiental.

Palavras chave: Bioindicador; Ecossistema Costeiro; Formigas; Insetos; Malaise.

Myrmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) of the Two Salt Marshes Patos Lagoon Estuary, RS: Diversity, Fluctuation of the Abundance and Similarity as Indicators of Conservation

Abstract. The aim of this investigation was to assess the myrmecofauna of two distinct salt marshes and to estimate the diversity, similarity, as well as to estimate the effects of temperature, relative humidity and rainfall on the fluctuation patterns of these insects. Additionally, the species that act as environmental indicators were recognized. The study was conducted in two salt marshes located in the Patos Lagoon Estuary: Torotama's Island and West Breakwater. A total of 853 ants were sampled, distributed in 19 genera. Both marshes showed similar diversity and abundance, $D_s = 0.958$ and $I = 0.042$ in Torotama's Island and $D_s = 0.8889$ and $I = 0.111$ in West Break Water. Trends in ant composition coincided in both areas, with a peak during the warmer months. Areas showed no similarity, due to anthropogenic factors and species' biology. Groups considered as biomarkers were recorded in the samples, providing parameters for environmental conservation.

Keywords: Ants; Bioindicator; Coastal Ecosystem; Insects; Malaise.

O Estuário da Lagoa dos Patos ocupa uma área de aproximadamente 900 km², destes, 70 km² correspondem às marismas, representando 95% das marismas da costa gaúcha (MARANGONI & COSTA 2006). Nos últimos 150 anos, atividades humanas têm ocasionado destruição de extensas áreas de marismas no sul do Brasil e perdas nas funções das marismas remanescentes, isto ocorre devido ao não reconhecimento das funções ecológicas das marismas na qualidade ambiental costeira (SEELIGER & COSTA 1998).

Marismas são ecótonos entre corpos d'água salgada e ambientes terrestres, áreas intermareais alagadas irregularmente por água salgada, ocupadas por vegetação herbácea e pequenos arbustos (COSTA *et al.* 1997). Estão entre os ambientes mais produtivos do mundo, com taxas de produtividade primária tão altas quanto as florestas tropicais (SILLIMAN & BORTOLUS 2003).

Cerca de 90% dos artrópodes presentes nas marismas são insetos (ADAM 1990). A maioria dos insetos marinhos está associada a habitat costeiros, como estuários (WILLIAMS & WILLIAMS 1998). Ainda que os insetos sejam abundantes ao longo da marisma, dados sobre insetos nas marismas brasileiras são praticamente inexistentes.

Formicidae (Hymenoptera) formam colônias perenes altamente sociais, com algumas formas secundariamente parasitas (FERNÁNDEZ 2003). A maioria das espécies de formigas apresenta hábitos oportunistas e dieta generalista (BRANDÃO 1999). Embora as formigas apresentem ampla distribuição geográfica (HÖLLDOBLER & WILSON 1990), a maioria ainda apresenta distribuições restritas (BRANDÃO 1999).

As características que fazem com que Formicidae esteja sendo cada vez mais utilizada em estudos ecológicos são a sua elevada abundância, diversidade e sua dominância ecológica, além da amostragem e identificação relativamente fáceis (RIBAS *et al.* 2007). Como possuem ninhos perenes, estacionários e área de forrageamento restrita, podem, então, ser amostradas e monitoradas com segurança (HÖLLDOBLER & WILSON 1990). Ocupam nichos diversificados no ecossistema, assim, podem ser classificadas em grupos funcionais e correlacionadas com fatores bióticos (OSBORN *et al.* 1999; SILVESTRE & SILVA 2001).

As formigas são responsáveis por uma parcela significativa da reciclagem de nutrientes e aeração das camadas superficiais do solo. Algumas espécies fazem associação simbiótica com plantas, fungos e com outros insetos e artrópodes, sendo importantes no

controle de populações de outros organismos (BRANDÃO 1999). Além disso, alguns estudos indicam que as formigas podem ser potencialmente utilizadas como bioindicadores ambientais, sendo muito utilizadas em monitoramentos de áreas devastadas e em práticas agrícolas (LASSAU & HOCHULI 2004; LUTINSKI & GARCIA 2005).

No Brasil, as formigas estão entre os organismos mais conspícuos dos ecossistemas (BRANDÃO 1999). Apesar das formigas serem invertebrados terrestres, são frequentes os relatos de ocorrência destes insetos em ambientes costeiros e zonas intermareais em várias localidades ao redor do mundo (ALLEN *et al.* 2001). A abundância local das formigas é relativamente alta, porém são especialmente ricas em espécies e diversificadas quanto ao hábito de forrageamento e nidificação (BRANDÃO 1999).

Sendo os estuários áreas de grande produtividade, vários estudos ecológicos e sobre o ciclo de vida dos animais aquáticos vem sendo desenvolvidos, entretanto, pouca atenção é dedicada aos insetos nas avaliações ecológicas de habitat costeiro. A região costeira do Atlântico Sudoeste representa um enorme recurso ecológico e econômico (SEELIGER & COSTA 1998). Assim, é fundamental que sejam realizados estudos para que se conheça a fauna destes ambientes, além de avaliar o potencial de exploração dos recursos e seu correto manejo.

Nesse contexto, o estudo teve como objetivo comparar a mirmecofauna em dois ambientes distintos de marismas do Estuário da Lagoa dos Patos (ELP), Rio Grande do Sul, quanto à diversidade, similaridade e bioindicação, bem como relacionar os fatores abióticos aos padrões de flutuação e de abundância. Com este estudo busca-se (a) realizar o reconhecimento taxonômico de Formicidae nos dois ambientes; (b) conhecer taxonomicamente os gêneros bioindicadores de conservação; (c) estimar a diversidade e a similaridade que ocorre nas áreas estudadas; (d) verificar a abundância de Formicidae nas duas áreas amostradas; (e) verificar a relação da temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e salinidade com a abundância e distribuição das formigas nas marismas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo. O estudo foi realizado em duas marismas, Ilha da Torotama (IT) e Molhe Oeste da Barra (MOB) do ELP, município de Rio Grande, Rio Grande do Sul (Figura 1). O aspecto mais marcante da planície costeira do Rio Grande do Sul é a presença do complexo lagunar Patos-Mirim, formado pela Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim que são conectadas pelo canal São Gonçalo e juntas abrangem a 14.000 km² (SEELIGER & COSTA 1998).

As marismas estudadas são caracterizadas como intermediárias ou marismas esporadicamente alagadas (MEA) (10 – 25% do tempo) com Nível Médio de Água da Lagoa (NMA) entre + 0,10 e + 0,30m (COSTA 1998).

O MOB está localizado ao sul (32°09'S; 052°06'W) do município de Rio Grande e sofre com a alta influência de salinidade. Segundo SILVA *et al.* (1993) e AZEVEDO (2000) a área amostrada é densamente vegetada por *Scirpus maritimus* Lye e *Spartina densiflora* Brong em lugares mais úmidos e mais secos, respectivamente. A borda superior, segundo CORDAZZO & SEELIGER (1995) e COSTA (1998), é recoberta principalmente por *Fimbristylis spadicea* L. e *Juncus acutus* L., espécies transicionais de solos arenosos úmidos e, ainda, segundo AZEVEDO (2000) *apud* MARANGONI (2003), há a presença secundária do arbusto *Myrsine parvifolia* A. DC e da samambaia *Acrostichum danaefolium* Langsdorff & Fischer, características do limite superior das marismas.

A IT localiza-se ao norte (31°56'S; 052°10'W) do município de Rio Grande, sofrendo influência de águas lacustres. A cobertura vegetal predominante da área corresponde à *S. densiflora* e/ou *Scirpus olneyi* A. Gray além de *Juncus kraussii* Hochst

(MARANGONI & COSTA 2009).

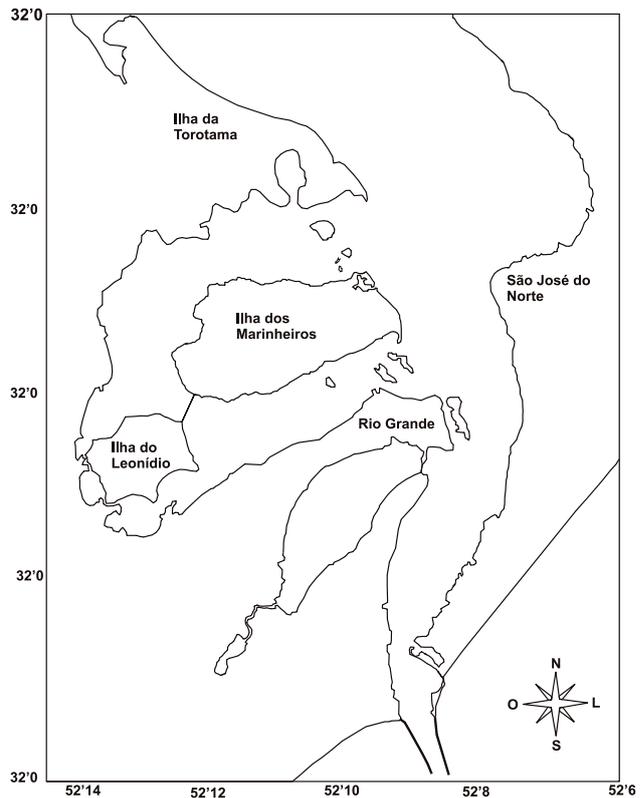


Figura 1. Área de estudo - Estuário da Lagoa Laguna dos Patos (Fonte: Laboratório de Crustáceos Decápodes – Setor de Entomologia).

Metodologia de Coleta. Em cada área foi instalada uma armadilha de interceptação de voo do tipo Malaise (modelo TOWNES 1972). Esta armadilha é constituída por uma tenda de tela de náilon suspensa por estacas de madeira, com uma barreira central também de náilon que intercepta o voo dos insetos (ALMEIDA *et al.* 1998). A vantagem de coletas obtidas por este tipo de armadilha é devido ao fato de funcionar sem atrativos e ininterruptamente. As amostras foram coletadas semanalmente, entre a primeira semana de setembro de 2008 e a última semana de agosto de 2010.

Triagem e Identificação. Os insetos capturados foram levados ao Laboratório de Crustáceos Decápodes (LCD) do Instituto de Oceanografia (IO) onde foram triados e armazenados em frascos contendo álcool 70%. A identificação foi realizada em nível de gênero, seguindo FERNÁNDEZ (2003), e, posteriormente, os espécimes foram separados em morfoespécies. Parte do material foi depositado em via seca e parte em via líquida, na Coleção Entomológica do LCD do IO da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Dados Abióticos. As informações sobre a temperatura, umidade relativa do ar e precipitação foram fornecidas pela Estação Meteorológica do INMET, gerenciada pela FURG, situada no Campus da Universidade e pela Estação Meteorológica da Praticagem da Barra do Rio Grande a partir das quais foram obtidas médias mensais. As médias mensais de salinidade foram obtidas a partir do banco de dados do LCD, que possui dados de salinidade diária em sete pontos do ELP, cobrindo a área de estudo.

Análise dos Dados. As amostragens foram realizadas semanalmente. Os dados foram reunidos por mês e por trimestre para cada área. Na análise de flutuação sazonal os dados foram convertidos ao $\log(x + 1)$.

A eficiência da armadilha foi avaliada segundo os estimadores

de diversidade Sobs (Mao Tau), ACE, Chao1, Chao 2, Jack 1 e Jack 2 (ver CHAO 2005; COLWELL 2005, e referências para obter descrições detalhadas destes estimadores), com base em 1.000 randomizações sem substituição dos dados mensais de abundância conforme, STIREMAN *et al.* (2009), empregando o software EstimateS Win 8.20 (COLWELL 2009).

Para verificar a existência de possíveis diferenças entre as áreas amostradas, os dados de abundância sazonal foram submetidos a um teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (critério de Bartlett e Cochran). A avaliação, para cada uma das áreas, de uma possível diferença entre as abundâncias de insetos em relação à temperatura, umidade relativa do ar e a pluviosidade foi realizada segundo uma análise de variância fatorial (ZAR 1999), teste de *post-hoc* de Tukey.

A fim de avaliar a diversidade da mirmecofauna das marismas e, assim, estabelecer um parâmetro para o nível de conservação das mesmas, foi aplicado o índice de Diversidade (Ds) e Dominância (I) de Simpson, por ser sensível a mudanças na composição das espécies mais abundantes (KREBS 1989), com auxílio do software DivEs – Diversidade de Espécies v2.0 (RODRIGUES 2005).

As espécies foram agrupadas de acordo com sua abundância através de uma análise de agrupamento (Cluster) e similaridade de Bray Curtis. Os dados mensais de captura, por subfamília, foram relacionados aos dados abióticos através de uma Análise de Regressão Múltipla.

RESULTADOS

Análise de eficiência do coletor. Segundo os estimadores de diversidade Sobs (Mao Tau), ACE, Chao1, Chao 2, Jack 1 e Jack 2, a média do desvio padrão para eficiência do coletor no MOB ficou entre 18 e 42 espécies, enquanto na IT ficou entre 14 e 30. Embora a curva do coletor ainda não esteja estável, demonstrando que existem espécies nas áreas que, provavelmente, ainda não foram coletadas, a amostragem de 31 espécies no MOB e de 22 na IT, indica que a armadilha amostrou uma riqueza considerável na amostragem de Formicidae (Figura 2).

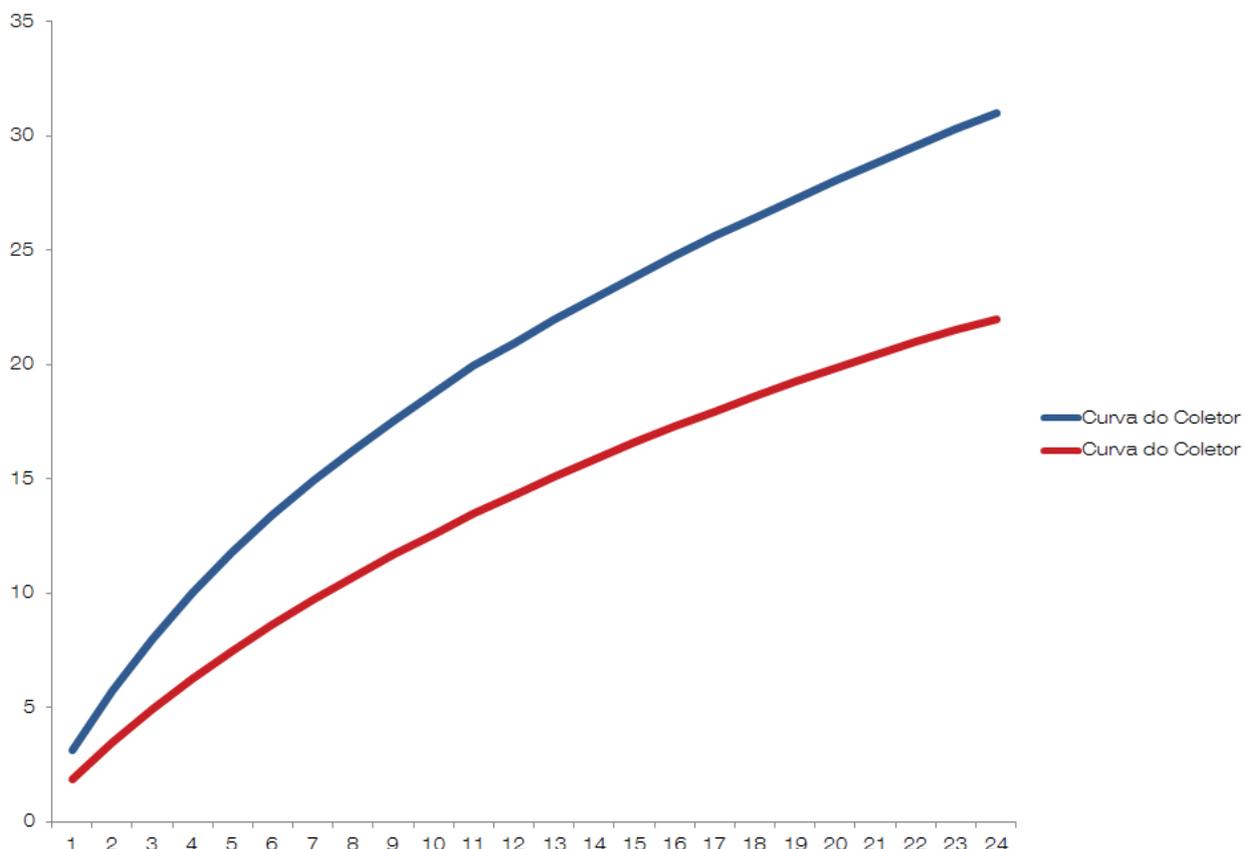


Figura 2. Curva do coletor (Malaise), gerado a partir da análise de eficiência dos coletores (Índice Sobs) instalados nas marismas - Molhe Oeste da Barra e Ilha da Torotama.

Análise Faunística: riqueza, diversidade, similaridade e bioindicação. Durante o estudo foram coletadas 853 formigas. O MOB apresentou a maior abundância, com 708 indivíduos (83%), enquanto na IT foram capturados 145 indivíduos (17%). No MOB, a subfamília mais abundante foi Formicinae (265), enquanto na IT, foi Dolichoderinae, com 54 indivíduos (Tabela 1). Além disso, Formicinae foi a subfamília mais diversificada, com 13 morfoespécies em quatro gêneros, seguida por Pseudomirmecinae com 10 em dois gêneros.

No MOB, os quatro gêneros mais abundantes representaram \cong 77% do total amostrado, sendo eles *Pseudomyrmex*, *Camponotus*, *Brachymyrmex* e *Linepithema*. Na IT os três gêneros mais abundantes corresponderam \sim 64% do total amostrado, sendo eles *Solenopsis*, *Linepithema* e *Tapinoma* (Tabela 1). Os gêneros mais diversificados foram *Pseudomyrmex* com oito morfoespécies, seguido por *Camponotus* com seis.

A morfoespécie dominante no MOB foi *Pseudomyrmex* sp.8 com 203 indivíduos, seguida por *Camponotus* sp.1 (99) e *Brachymyrmex* sp.4 (69). Entretanto, na IT o baixo Índice de Dominância de Simpson indica que não houve dominância por parte de nenhum grupo ($I = 0,042$). A ocorrência dos gêneros *Brachymyrmex*, *Camponotus*, *Crematogaster* e *Solenopsis* juntamente com a alta abundância de alguns grupos indicam a predominância de áreas abertas com vegetação baixa.

A partir dos resultados obtidos e das análises de variância fatorial e de similaridade, é possível observar uma diferença entre as áreas amostradas, ($p=0,000053$). As maiores abundâncias ocorreram no verão do primeiro ano de coleta, influenciada, principalmente, por duas subfamílias, Formicinae (MOB) e Pseudomirmecinae (MOB).

Ambas as áreas possuem alta diversidade de formigas, embora a IT apresente um índice ligeiramente maior (Ds = 0,958) do que o MOB (Ds = 0, 8889). Isso ocorre pelo MOB ter apresentado uma ligeira abundância, tornando seu índice de dominância maior ($I = 0,111$) do que o da IT ($I = 0,042$).

Tabela 1. Frequência absoluta e relativa de morfoespécies de Formicidae, capturados por armadilha Malaise de Setembro de 2008 à Agosto de 2010 em duas marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS.

Subfamília	Morfoespécies	Barra	%	Torotama	%
Cerapachyinae	<i>Cerapachys</i> sp.1	1	0,14	-	-
	<i>Cylindromyrmex</i> sp.1	-	-	13	8,96
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.1	1	0,14	3	2,06
	<i>Dolichoderus</i> sp.2	-	-	1	0,68
	<i>Forelius</i> sp.1	-	-	2	1,37
	<i>Linepithema</i> sp.1	61	8,61	24	16,55
	<i>Tapinoma</i> sp.1	36	5,08	23	15,86
	<i>Tapinoma</i> sp.2	-	-	1	0,68
	<i>Anoplolepis</i> sp.1	1	0,14	2	1,37
Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.1	1	0,14	7	4,82
	<i>Brachymyrmex</i> sp.2	-	-	1	0,68
	<i>Brachymyrmex</i> sp.3	22	3,1	3	2,06
	<i>Brachymyrmex</i> sp.4	69	9,74	2	1,37
	<i>Camponotus</i> sp.1	99	13,98	-	-
	<i>Camponotus</i> sp.2	3	0,42	-	-
	<i>Camponotus</i> sp.3	53	7,48	-	-
	<i>Camponotus</i> sp.4	1	0,14	-	-
	<i>Camponotus</i> sp.5	6	0,84	-	-
	<i>Camponotus</i> sp.6	2	0,28	-	-
	<i>Paratrechina</i> sp.1	7	0,98	-	-
	<i>Paratrechina</i> sp.2	1	0,14	-	-
	Leptanilloidinae	<i>Asphinctanilloides</i> sp.1	1	0,14	-
<i>Basiceros</i> sp.1		2	0,28	-	-
<i>Crematogaster</i> sp.1		60	8,47	-	-
<i>Crematogaster</i> sp.2		-	-	3	2,06
Myrmicinae	<i>Solenopsis</i> sp.1	2	0,28	37	25,51
	<i>Solenopsis</i> sp.2	1	0,14	8	5,51
	<i>Solenopsis</i> sp.3	33	4,66	-	-
	<i>Stegomyrmex</i> sp.1	4	0,56	-	-
	<i>Hypoponera</i> sp.1	1	0,14	7	4,82
Ponerinae	<i>Thaumatomyrmex</i> sp.1	-	-	1	-
	<i>Myrcidris</i> sp.1	-	-	1	0,68
	<i>Myrcidris</i> sp.2	-	-	1	0,68
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	-	-	1	0,68
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	2	0,28	1	0,68
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.3	5	0,7	1	0,68
Pseudomirmecinae	<i>Pseudomyrmex</i> sp.4	3	0,42	-	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.5	7	0,98	-	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.6	1	0,14	-	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.7	4	0,56	-	-
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.8	203	28,67	-	-
	Não identificados	15	2,11	2	1,37
Total de Indivíduos		708	100%	145	100%
Total de Morfoespécies		31		22	

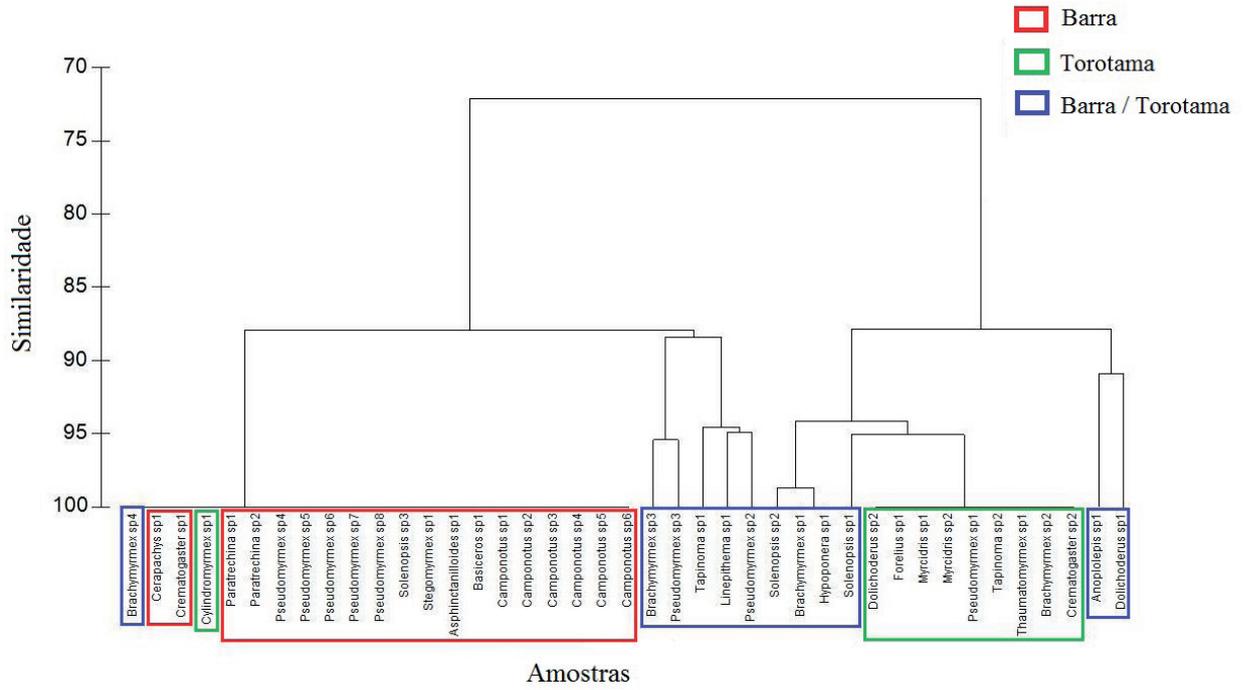


Figura 3. Dendrograma de similaridade de Bray Curtis, gerado a partir de uma matriz dos dados de abundância absoluta na captura de morfoespécies de Formicidae por armadilha Malaise, em duas marismas no Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS.

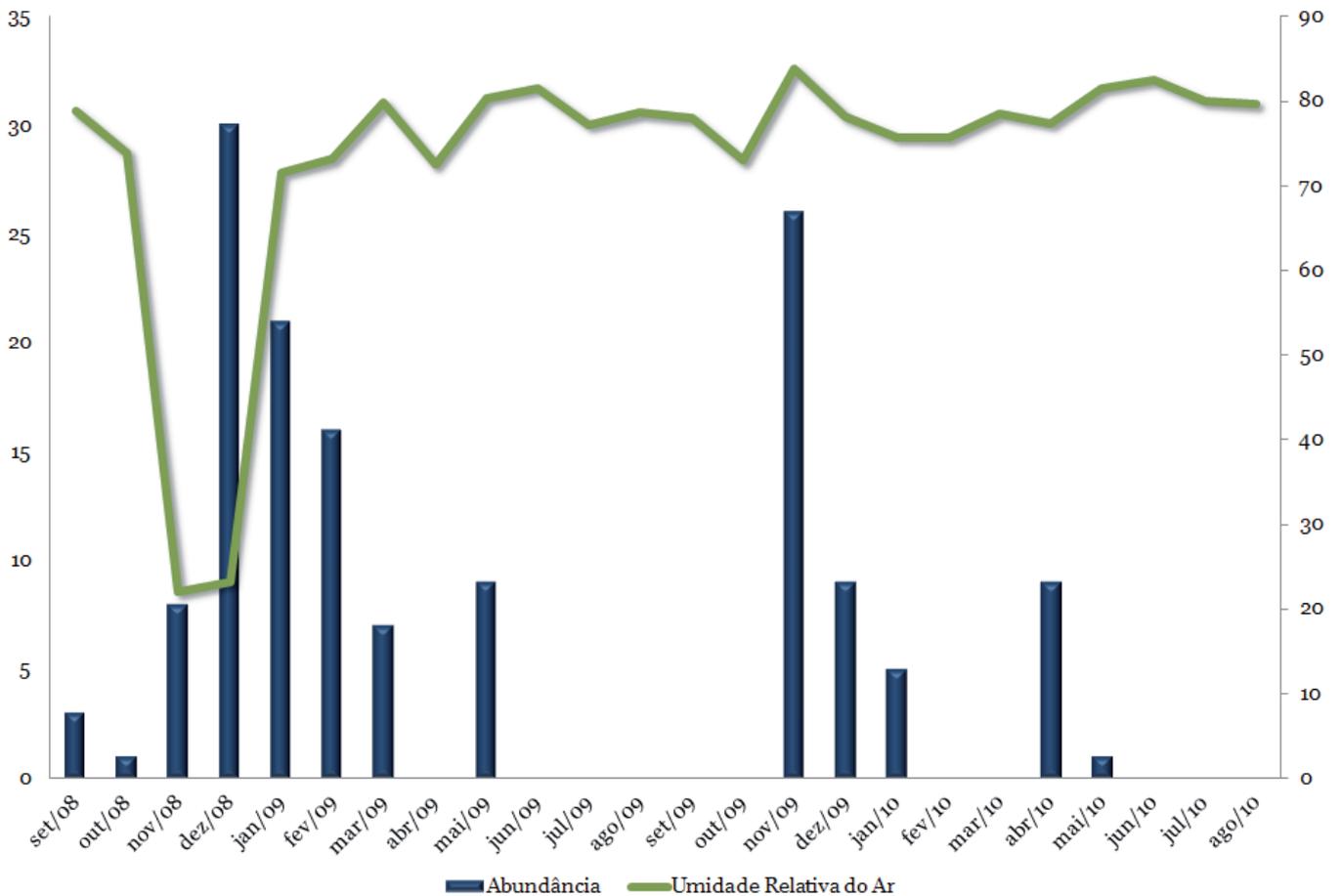


Figura 4. Gráfico de abundância e umidade relativa do ar da marisma do Molhe Oeste da Barra, gerado a partir dos dados absolutos de captura de subfamília de Formicidae por armadilha Malaise e médias mensais da umidade relativa do ar do Estuário da Lagoa dos Patos.

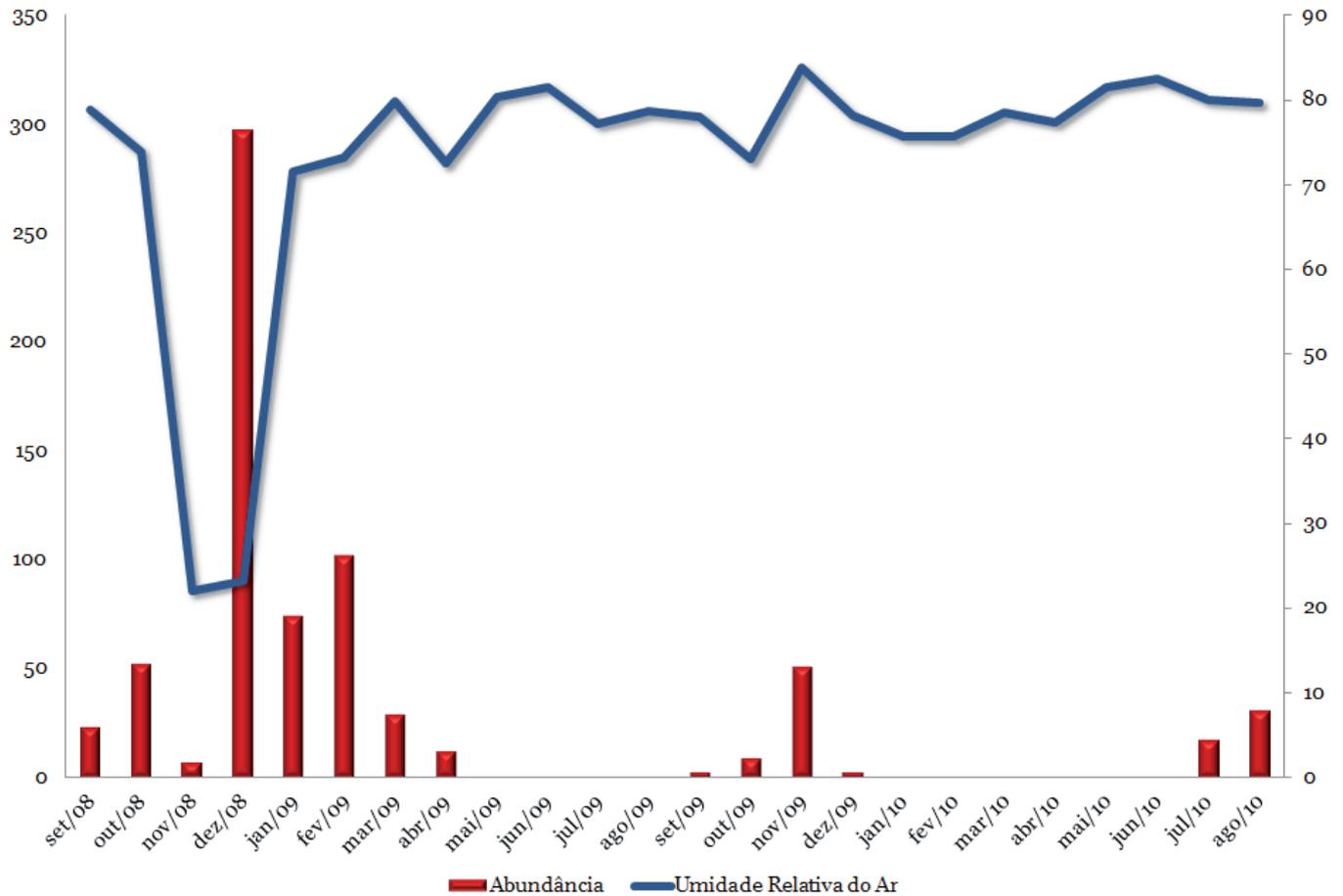


Figura 5. Gráfico de abundância e umidade relativa do ar da marisma da Ilha da Torotama, gerado a partir dos dados absolutos de captura de subfamília de Formicidae por armadilha Malaise e médias mensais da umidade relativa do ar do Estuário da Lagoa dos Patos.

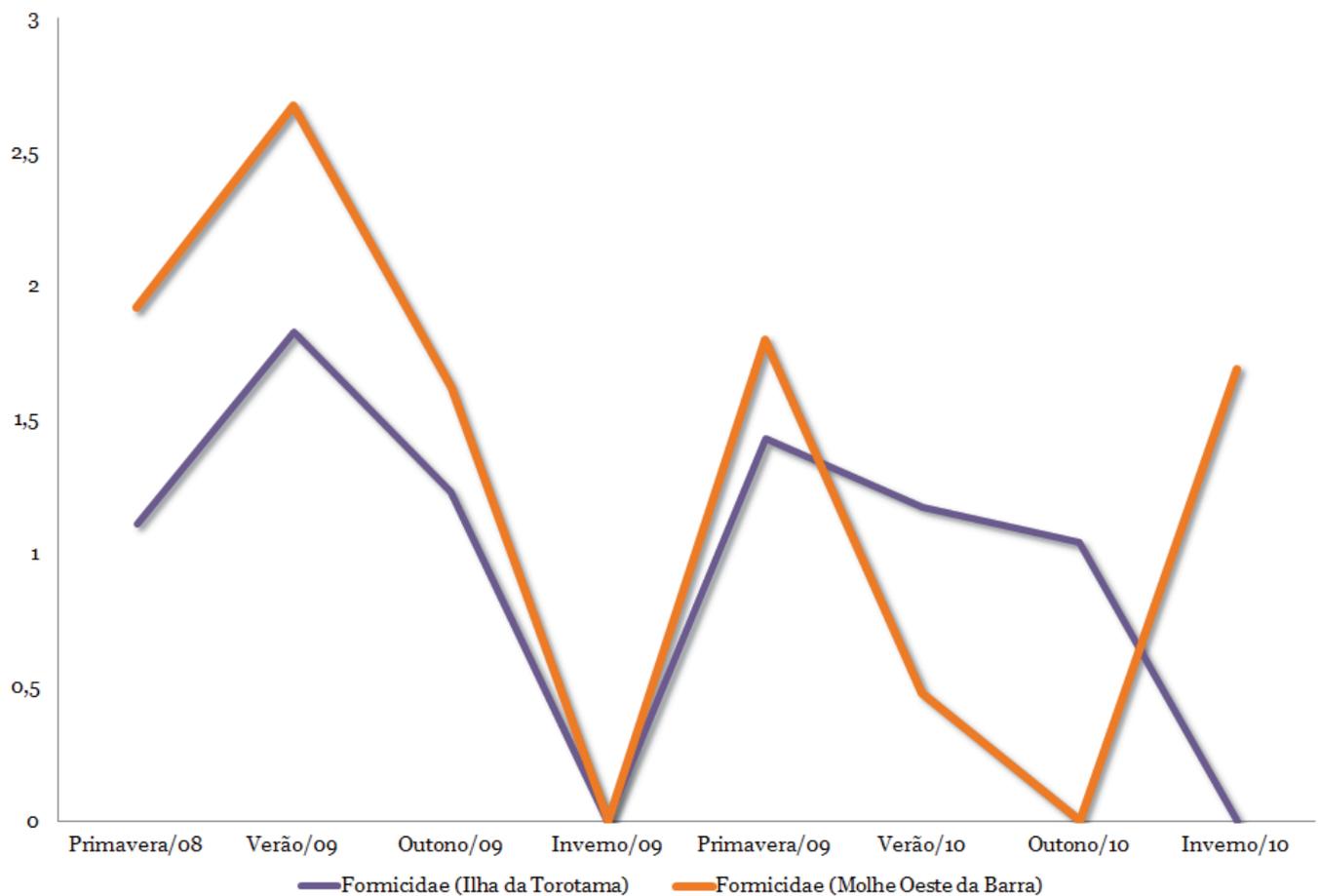


Figura 6. Abundância de formigas ($\log(x+1)$) capturados por armadilha Malaise nas marismas do Molhe Oeste da Barra e da Ilha da Torotama, no período de Setembro de 2008 à Agosto de 2010.

Durante o estudo foram capturadas sete subfamílias e 19 gêneros de Formicidae. O MOB apresentou 15 gêneros e 31 morfoespécies enquanto a IT apresentou 13 gêneros e 22 morfoespécies. Durante todo o levantamento no MOB dez morfoespécies foram representadas por apenas um indivíduo enquanto na IT observou-se o mesmo em nove. *Solenopsis*, *Tapinoma* e *Linepithema* foram abundantes em ambas as áreas, porém *Pseudomyrmex*, *Camponotus* e *Brachymyrmex* representaram as maiores abundâncias.

No total amostrado, a mirmecofauna comum aos locais amostrados se resumiu a nove gêneros: *Anoplolepis*, *Brachymyrmex*, *Crematogaster*, *Dolichoderus*, *Hypoponera*, *Linepithema*, *Pseudomyrmex*, *Solenopsis* e *Tapinoma*. No MOB seis gêneros foram exclusivos durante o estudo: *Asphinctanilloides*, *Basiceros*, *Camponotus*, *Cerapachys*, *Paratrechina* e *Stegomyrmex*. Além disso, foram coletadas na área 19 morfoespécies exclusivas. Na IT, apenas quatro gêneros foram exclusivos: *Forelius*, *Myrcidris*, *Sphinctomyrmex* e *Thaumatomyrmex*, e apresentou 10 morfoespécies exclusivas.

As duas áreas diferem, significativamente, quanto à composição e abundância de formigas. O gráfico mostra a formação de dois grupos de morfoespécies que representam as áreas amostradas. As relações entre as morfoespécies, dentro de cada área, são também bastante evidentes (Figura 3).

Ambas as áreas possuem uma correlação inversamente proporcional, com a umidade relativa do ar (MOB $p < 0,00029$ e IT $p < 0,00002$) (Figura 4 e 5). Os demais fatores – temperatura e precipitação não apresentaram relação significativa no MOB, enquanto na IT apresentaram relação diretamente proporcional. A salinidade não apresentou relação em nenhuma das áreas.

Flutuação da abundância das assembleias. Em ambas as áreas as maiores flutuações da abundância ocorreram no verão de 2009, que obteve média de 23,73°C, ~ 67% do total amostrado no MOB e ~ 46% na IT. Os maiores picos registrados ocorreram em dezembro (2008), 41,94% no MOB e 20,68% na IT. No MOB grande responsável pelo pico foi *Pseudomyrmex* sp. 8, que apresentou 203 indivíduos neste período, a grande captura pode ser consequência da baixa precipitação do período (24mm) e da baixa umidade relativa do ar (UR), 23,16%. Nas estações frias as abundâncias se mantiveram baixas ou os indivíduos estiveram ausentes (Figura 6), exceto por um pico registrado no inverno de 2010 no MOB.

DISCUSSÃO

Como formigas são generalistas e oportunistas elas podem ser capturadas com qualquer tipo de armadilha entomológica, embora com maior ou menor grau de sucesso. A partir da análise da curva de espécies pode-se concluir que a Malaise obteve sucesso nas amostragens em ambientes de marisma, porém este tipo de amostrador não é um método próprio na amostragem de todos os tipos de formigas, pois as mesmas necessitam escalar a armadilha para cair no copo coletor, além disso, elas devem exibir um comportamento de fototaxia positiva. A abundância e o comportamento das formigas no ambiente terrestre indicam que sua amostragem pode ser um trabalho simples e que o inventário da mirmecofauna de uma determinada área pode ser realizado utilizando-se somente um método de captura (SARMIENTO 2003). LUTINSKI (2007) realizou um estudo na Floresta Nacional de Chapecó, onde utilizou sete diferentes métodos de captura. No entanto, uma espécie do gênero *Pseudomyrmex*, gênero dominante no MOB, foi capturada exclusivamente pela Malaise, revelando a importância deste método de captura na amostragem de Formicidae, embora não seja um método próprio para amostragem de formigas.

As duas áreas apresentaram diferenças nas abundâncias e na estrutura das comunidades das formigas. Isso ocorreu devido a algumas diferenças existentes entre as áreas: processos antrópicos;

os solos das áreas, o MOB apresenta mais sedimento arenoso que a IT, pois há uma proximidade maior com o ecossistema de dunas, em contrapartida, a IT tem um maior enriquecimento orgânico; a composição florística e/ou arquitetura vegetal (altura e densidade da vegetação) de cada área, esta diferença existe devido aos processos antrópicos ocorrentes que acabam por modificar a composição vegetal das mesmas, como exemplo, a massiva retirada de areia do MOB nas últimas décadas, para a construção civil. As comunidades de formigas podem, então, ter se adaptado a estes ambientes que se tornaram diferentes.

Todas as marismas do ELP sofrem com algum tipo de perturbação antrópica. Desde o século XIX, vem sendo suprimidas pela expansão urbana, portuária e/ou industrial o que provoca diferentes perturbações de origem antrópica (e.g. pastejo, fogo, corte da vegetação, lixo, construção de aterros e canais de drenagem) (MARANGONI & COSTA 2009).

Um estudo de diagnóstico ambiental realizado nas marismas do ELP (MARANGONI & COSTA 2009) obteve como resultado um nível baixo de antropização na marisma do MOB, enquanto na marisma da IT o nível de antropização foi considerado moderado. Esta divergência ocorre por consequência das diferentes perturbações presentes em cada área. Enquanto o MOB sofre apenas com processos antrópicos (fogo, pastejo e deposição de lixo) a IT sofre com estas perturbações, mas também com a erosão (perturbação natural). As duas áreas sofrem severamente com o pastejo de animais domésticos, comprometendo gravemente a vegetação das marismas.

A antropização no entorno das marismas causa modificações na sua cobertura vegetal e, conseqüentemente, afeta os processos biológicos e ecológicos, tais como – diversidade de espécies, disponibilidade de nutrientes e composição e abundância da fauna (MARANGONI & COSTA 2009). Estas modificações são visíveis de maneira que as formigas respondem com facilidade a distúrbios antropogênicos (LASSAU & HOCHULI 2004).

A presença de gêneros indicadores de áreas abertas, e.g., *Camponotus* (RAMOS *et al.* 2001) e *Crematogaster* (LUTINSKI 2007) mais o índice de abundância relativamente alto, denotam uma certa oscilação quanto ao estado de conservação do MOB. Entretanto, a presença de grupos característicos de áreas preservadas, como *Brachymyrmex*, e a ocorrência de apenas dois grupos com alta abundância (>100 indivíduos), *Pseudomyrmex* e *Camponotus*, sinalizam um certo grau de conservação. Segundo LARA (1992), em ambientes preservados se observam poucas espécies com alta abundância, sendo a grande maioria classificada como rara. A IT, considerada moderadamente perturbada, demonstra isto em sua mirmecofauna. Apresenta tanto gêneros indicadores de conservação (e.g. *Brachymyrmex*) como de perturbação (e.g. *Solenopsis*). Além disso, a baixa abundância dos grupos e a alta diversidade evidenciam a baixa perturbação.

Além da divergência nas abundâncias totais, as diferenças na presença/ausência e composição dos grupos, também podem ser justificadas pelas diferentes composições vegetais e/ou arquitetura vegetal de cada área ou, ainda, pelo comportamento das formigas, que em áreas com uma menor densidade de arbustos tendem a escalar a armadilha em menor ou maior grau de intensidade. Segundo um estudo realizado na marisma da Ilha da Pólvora (IP) (GANTES, 2011), com vegetação semelhante a do MOB, os grupos de formigas lá coletados são similares aos do MOB, e.g. *Camponotus*. Na IP, este gênero demonstra interação com *M. parvifolia*, arbusto também presente no MOB, dando condições ao gênero *Camponotus* co-dominar a área. A hipótese é sustentada no fato deste gênero não ter sido coletado na IT, e nesta área não apresentar *M. parvifolia*, porém o fator consequência pode ser inverso, pode haver mirmecocoria entre *M. parvifolia* e *Camponotus*, caso observado entre formigas do gênero *Atta* e plantas do gênero *Myrsine* em uma restinga do Espírito Santo (TEIXEIRA 2007).

Os gêneros mais abundantes do estudo estão entre os que ocupam diferentes nichos do ecossistema, por exemplo, *Solenopsis* e *Camponotus*. Isto pode ser resultado das adaptações que apresentam para este ambiente. *Camponotus* é o gênero mais rico em espécies dentro de Formicidae, possui ampla distribuição geográfica dominando numericamente os ecossistemas terrestres das regiões tropicais (MARIANO *et al.* 2001) e possui larga ocorrência no Estado do Rio Grande do Sul (SIMAS *et al.* 1997). O gênero dominante do estudo, *Pseudomyrmex*, é exclusivamente neotropical e bastante comum (SILVESTRE & SILVA 2001), o que justifica sua dominância na marisma do MOB. A dominância de *Pseudomyrmex* no MOB e sua baixa abundância na IT podem ser creditadas a dois fatores: (1) pelo hábito arborícola e (2) por sua característica de nidificar na vegetação, que requer ambientes em estágios mais avançados da sucessão (SILVESTRE & SILVA 2001; SILVESTRE *et al.* 2003). Os dois fatores são visualizados na marisma do MOB, que apresenta uma abundância considerável de vegetação alta, características não observadas na IT.

A maioria das morfoespécies exclusivas do MOB, pertencentes aos gêneros *Camponotus*, *Creumatogaster* e *Pseudomyrmex* nidificam na vegetação (*e.g.* árvores e troncos de árvores mortas) (SILVESTRE *et al.* 2003). Ainda que as demais, comuns a ambas as áreas, também possuam este hábito, ele pode ser visto mais claramente no MOB, pois a arquitetura vegetal da área propicia a formação de colônias.

Os gêneros considerados raros no estudo (\leq cinco indivíduos), *Anoplolepis*, *Myrcidris*, *Thaumatomyrmex*, *Basicros* e *Stegomyrmex*, são, realmente, gêneros considerados raros e com um número consideravelmente menor de espécies. Entretanto, *Forelius* e *Dolichoderus*, raros no estudo, são grupos ecologicamente importantes e ricos em espécies e abundância (RÉ 2007), no entanto, no estudo, supõe-se que há uma baixa abundância local.

Além das duas áreas demonstrarem diferença entre as abundâncias, verifica-se também que não partilham, em sua maioria, das mesmas morfoespécies. Além disso, as morfoespécies mais representativas não são as mesmas para ambas as áreas. A não similaridade existente entre as áreas pode ter como justificativa o diferente sincronismo entre a biologia dos grupos e as características dos habitat. Outros fatores podem contribuir para esta diferença além dos já citados (arquitetura vegetal diferente e distúrbios antrópicos). Os fatores abióticos como - umidade relativa do ar, temperatura e precipitação também podem contribuir para esta diferença, uma vez que os grupos respondem de maneiras diferentes a estes fatores.

As duas áreas apresentaram relação inversamente proporcional com a umidade relativa do ar, isto é, a presença de formigas na marisma está associada à baixa umidade do ar. No entanto, a temperatura e a precipitação apenas possuem relação significativa e diretamente proporcional com a abundância de formigas na IT. Isso ocorre porque as arquiteturas vegetais das áreas amostradas são diferentes. A flora do MOB além de possuir maior número de espécies, apresenta uma arquitetura vegetal favorável às formigas, pois promove áreas sombreadas e protegidas do vento, fatores que reduzem a influência da temperatura na área. Isto não é observado na IT, como sua vegetação é baixa, há uma forte influência da temperatura sobre a mirmecofauna local. A precipitação demonstrou relação apenas na IT, isso ocorre pelo fato desta marisma ter se mostrado durante a maior parte do estudo com ausência de inundações, o que não foi observado com frequência no MOB.

A relação inversamente proporcional da umidade com a abundância pode influenciar as populações de formigas das marismas. As maiores abundâncias ocorreram no primeiro verão amostrado (2008/2009), este período apresentou uma UR relativamente baixa, 55,95%. O verão seguinte, 2009/2010, obteve uma UR de 76,52% e uma abundância relativamente

menor se comparado ao anterior. As mudanças nos padrões de transporte de umidade e nas temperaturas e a consequente variação na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas exercem influência sobre as comunidades de insetos. Isso ocorre porque as condições climáticas possuem forte influxo sobre a atividade comportamental dos insetos (OBER & HAYES 2008), pois a temperatura e a umidade influenciam positivamente e negativamente, respectivamente, a atividade forrageadora de algumas espécies (SANTOS *et al.* 2009).

As áreas estudadas estão em uma região de clima temperado, isto é, possuem as quatro estações do ano bem definidas. Assim, ao comparar os pontos com maiores e menores abundâncias entre as duas áreas, é possível observar a termofilia das formigas, pois são raras as espécies ativas sob baixas temperaturas (KASPARI 2003), uma vez que as maiores abundâncias ocorreram no verão. Temperaturas em torno de 30°C, como as dos trópicos, são mais favoráveis às atividades e processos fisiológicos das formigas (HÖLLDOBLER & WILSON 1990), fazendo a região Neotropical possuir a segunda maior riqueza de gêneros, cerca de 39% da fauna mundial (ALBUQUERQUE & DIEHL 2009), e também, a maior proporção de gêneros endêmicos (LATTKE 2003). O pico registrado no inverno de 2010 indica um aumento das abundâncias em direção à primavera.

A elevada riqueza de morfoespécies de Formicidae nos ambientes de marisma do ELP e a presença de gêneros indicadores de preservação podem ser um parâmetro determinante da conservação ambiental do meio estuarino. Embora as duas áreas apresentem arquiteturas vegetais diferentes, ambas demonstram índices de diversidade e abundância semelhantes. As duas marismas possuem morfoespécies exclusivas em número bastante elevado se comparado ao número de morfoespécies comuns a ambas. A presença de gêneros associados à vegetação indica que esse ecossistema é importante para uma variada fauna de Formicidae, além de outras espécies vivas que interagem ecologicamente com este grupo. As áreas estudadas são de suma importância, pois suas composições faunísticas e florísticas são distintas. Para que esta biodiversidade da região estuarina se mantenha todas as áreas são consideradas importantes, de forma que as populações presentes são diferentes. As formigas respondem muito bem a estas diferenças e provavelmente outros grupos animais também devem responder. Portanto, a preservação das marismas torna-se fundamental. Além disso, mais estudos mirmecológicos utilizando-se de outros métodos de captura devem ser realizados de modo a ampliar o conhecimento taxonômico e ecológico da fauna de Formicidae em áreas costeiras do sul do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- Adam, P., 1990. Saltmarsh Ecology. Cambridge University. Press, New York, 461p.
- Albuquerque, E.Z. & E. Diehl, 2009. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Entomologia, 53: 398–403.
- Allen, G.R., Forsys, E.A., Rice, K.G. & D.P. Wojcik, 2001. Effects of fire ant (Hymenoptera: Formicidae) on hatching turtles and prevalence of fire ants on sea turtles nesting beaches in Florida. The Florida Entomologist, 84: 250-253.
- Almeida, L.M., Ribeiro-Costa, C.S. & L. Marinoni, 1998. Manual de Coleta, Conservação, Montagem e Identificação de Insetos. Editora Holos. 78p.
- Azevedo, A.M.G., 2000. Hábitats, associações vegetais e fenologia das plantas das marismas da Ilha da Pólvora, Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). Dissertação de Mestrado.

- Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Rio Grande. 102p.
- Brandão, C.R.F., 1999. Família Formicidae, p. 213-223. In: Joly, C.A. & C.E.M. Bicudo (Eds.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, Vol. 5: Invertebrados Terrestres / C. Roberto F. Brandão, E. M. Cancellato – São Paulo: FAPESP.
- Chao A. In: Balakrishnan N, Read C.B, Vidakovic B, (Eds). 2005. Species richness estimation. Encyclopedia of Statistical Sciences, 7909-7916. Wiley
- Colwell R.K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application. Published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Colwell, R.K., 2009. EstimateS Win 8.20: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Software e Guia do Usuário. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Cordazzo, C.V. & Seeliger, U. 1995. Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil. 2^o Edição. Editora FURG. Rio Grande. 275p
- Costa, C.S.B., 1998. Plantas de marismas e terras alagáveis, p. 25-29. In: Seeliger, U., C. Odebrecht & J.P. Castello (Eds.). Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil, Ecoscientia, 326p.
- Costa, C.S.B., Seeliger, U. & Oliveira, C.P.L., 1997. Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). Atlântica, 19: 51-66.
- Fernández, F., 2003. Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colômbia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 411p.
- Gantes, M.L., 2011. Composição e estrutura da comunidade de insetos de uma marisma da Ilha da Pólvora (Rio Grande, Brasil). Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 48p.
- Hölldobler, B. & E.O. Wilson, 1990. The Ants. Massachussets, The Belknap Press of Harvard University Press, 732p.
- Kaspari, M., 2003. Introducción a la ecología de las hormigas, p. 97-112. In: F. Fernández (Ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colômbia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 411p.
- Krebs, C.J., 1989. Ecological methodology. Harper and Row Publishers, New York, USA, 654p.
- Lara, F.M., 1992. Princípios de Entomologia. São Paulo, Brasil: Ícone, 331p.
- Lassau, S.A. & D.F. Hochuli, 2004. Effects of habitat complexity on ant assemblages. Ecography, 27: 157-164.
- Lattke, J.E., 2003. Biogeografía de las hormigas neotropicales, p. 65-85. In: F. Fernández (ed.). Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Bogotá, Colômbia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 411p.
- Lutinski, J.A. & F.R.M. Garcia, 2005. Análise faunística de Formicidae (Hymenoptera: Apocrita) em ecossistema degradado no município de Chapecó, Santa Catarina. Biotemas, 18: 73-86.
- Lutinski, J.A., 2007. Análise Faunística de formigas (Hymenoptera: Formicidae) e seu potencial como bioindicadores de qualidade ambiental na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitário Regional de Chapecó, Chapecó, 100p.
- Marangoni, J.C. & C.S.B. Costa, 2006. Variação temporal da extensão das marismas do estuário da Lagoa dos Patos (RS): Causas antrópicas e processos naturais. Simpósio Biomas Costeiros e Marinheiros, I: 5-8.
- Marangoni, J.C. & C.S.B. Costa, 2009. Diagnóstico ambiental das marismas no Estuário da Lagoa dos Patos – RS. Atlântica, 31: 83-97.
- Marangoni, J.C., 2003. Caracterização da paisagem de uma área de preservação: estudo de caso da Lagoinha (Rio Grande, RS). Atlântica, 25: 163-169.
- Mariano, C.S.F., Pompolo, S.G., Delabie, J.H.C. & L.A.O. Campos. 2001. Estudos cariotípicos de algumas espécies neotropicais de *Camponotus* Mayr (Hymenoptera, Formicidae). Revista Brasileira de Entomologia, 45: 267-274.
- Ober, H.K. & J.P. Hayes, 2008. Influence of forest riparian vegetation on abundance and biomass of nocturnal flying insects. Forest Ecology and Management, 256: 1124-1132.
- Osborn, F., Goitia, W., Cabrera, M. & K. Jaffé, 1999. Ants, plants and butterflies as diversity indicators: Comparisons between at six forest sites in Venezuela. Studies of Neotropical Fauna and Environment, 34: 59-64.
- Ramos, L.S., Marinho, C.G.S., Filho, R.Z.B. & J.H.C. Delabie, 2001. Impacto do plantio de eucalipto numa área de Cerrado, usando as formigas (Hymenoptera: Formicidae) da serrapilheira como indicadores biológicos. Encontro de Mirmecologia, XV: 325-327.
- Ré, T.M., 2007 O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Ribas, C.R., Schmidt F.A., Solar, R.R.C., Schoereder, J.H., Valentim, C.L., Sanches, A.L.P. & F.B. Endringer, 2007. Formigas podem ser utilizadas como bioindicadoras de recuperação após impactos ambientais? O Biológico, 69: 57-60.
- Rodrigues, W.C., 2005. DivEs - Diversidade de espécies. Versão 2.0. Software e Guia do Usuário. Disponível em: <http://www.ebras.bio.br/dives>
- Santos, G.P., Zanuncio, J.C., Pires, E.M., Prezotto, F., Pereira, J.M.M. & J.E. Serrão, 2009. Foraging of *Parachartergus fraternus* (Hymenoptera: Vespidae: Eponini) on cloudy and sunny days. *Sociobiology*, 53: 431-441.
- Sarmiento, C.E., 2003. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Introducción a las hormigas de la región neotropical, p. 201-210. Bogotá, Colômbia: Instituto de investigación de recursos biológicos. Alexander von Humboldt, 411p.
- Seeliger, U. & C.S.B. Costa, 1998. Impactos Naturais e Humanos, p. 217-226. In: Seeliger, U., C. Odebrecht & J.P. Castello (Eds.). Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil, Ecoscientia, 326p.
- Silliman, B.R. & A. Bortolus, 2003. Underestimation of *Spartina* productivity in western Atlantic marshes: marsh invertebrates eat more than just detritus. *Oikos*, 101: 549-554.
- Silva, C.P., Pereira, C.M.P. & LPP DORNELES. 1993. Espécies de gramíneas e crescimento de *Spartina densiflora* Brong. em uma marisma da Laguna dos Patos, RS, Brasil. Cad. Pesq. Ser. Bot. (Santa Cruz do Sul), 5(1): 95-108.
- Silvestre, R. & R.R. Silva, 2001. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP – sugestões para aplicação de guildas como bio-indicadores ambientais. Biotemas, 14: 37-69.
- Silvestre, R., C.R.F. Brandão & R.R. Silva, 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los grêmios del cerrado, p. 113-148. Introducción a las hormigas de la región neotropical. Bogotá, Colômbia: Instituto de investigación de recursos biológicos. Alexander Von Hunboldt, 411p.
- Simas, V.R., Costa, E.C. & C.A. Simas, 1997. Aspectos etológicos de *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) Revista de FZVA, 4: 1-9.
- Stireman, J.O., Greeney H.F, Dyer L.A. 2009. Species richness and host associations of Lepidoptera-attacking Tachinidae in the northeast Ecuadorian Andes. 19pp. Journal of Insect Science 9:39, available online: insectscience.org/9.39
- Teixeira, M.C., 2007. Dispersão de sementes por *Atta robusta* Borgmeier, 1939 (Hymenoptera: Formicidae) na Restinga da Ilha de Guriri – ES. Tese (Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, 70p.
- Townes, H., 1972 A light-weight Malaise trap. Entomological

News, 83: 239-247.

Willians, D.D. & N.E. Willians, 1998. Aquatic insects in an estuarine environment: densities, distribution and salinity tolerance. *Freshwater Biology*, 39: 411-421.

Zar, J.H., 1999. *Biostatistical analysis*. 4^aed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 663p.

Recebido em: 16/08/2011

Aceito em: 05/01/2012

Como citar este artigo:

Bolico, C.F., E.A. Oliveira, M.L. Gantes, L.F.C. Dumont, D.S. Carrasco & F. D'Incao, 2012. Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de Duas Marismas do Estuário da Lagoa dos Patos, RS: Diversidade, Flutuação de Abundância e Similaridade como Indicadores de Conservação. *EntomoBrasilis*, 5(1): 11-20.

Acessível em: <http://www.periodico.ebras.bio.br/ojs/index.php/ebras/article/view/147>

