



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO  
AMBIENTE - PPGSHMA**

**Georgia Fernanda Oliveira**

**Diversidade de drosofilídeos (Diptera, Insecta)  
em Manguezais de Pernambuco**

**Vitória de Santo Antão**

**2011**

**Georgia Fernanda Oliveira**

**Diversidade de drosofilídeos (Diptera, Insecta)  
em Manguezais de Pernambuco**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de Concentração: Saúde e Ambiente.

Orientador: Prof. Dra. Cláudia Rohde

Co-Orientador: Profa. Dra. Ana Cristina Lauer Garcia

**Vitória de Santo Antão**

**2011**

Catálogo na fonte  
Sistema de Bibliotecas da UFPE - Biblioteca Setorial do CAV

- O48d Oliveira, Geórgia Fernanda  
Diversidade de drosofilídeos (Díptera, Insecta) em manguezais de Pernambuco. / Geórgia Fernanda Oliveira. Vitória de Santo Antão: O Autor, 2011.  
v, 76 folhas: il; tab.; fig.
- Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco. CAV, Saúde Humana e Meio Ambiente.
- Orientador: Cláudia Rohde.  
Co-orientador: Ana Cristina Lauer Garcia.
- Inclui bibliografia e anexos.
1. Drosophila - Manguezais (PE). 2. Ecologia animal. 3. Diversidade ecológica. I. Título. II. Rohde, Cláudia. III. Garcia, Ana Cristina Lauer.

CDD (21.ed.) 595.774

CRB-4/1148

BIBCAV/UFPE-008/2011

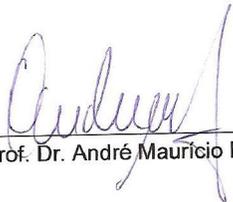
Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente – Mestrado Acadêmico

GEORGIA FERNANDA OLIVEIRA

“DIVERSIDADE DE DROSOFILÍDEOS (DIPTERA, INSECTA) EM MANGUEZAIS DE  
PERNAMBUCO”

DISSERTAÇÃO APROVADA em 21 de fevereiro de 2011

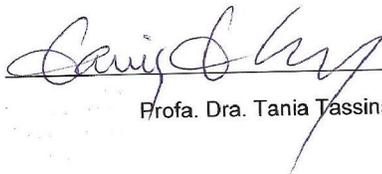
Banca Examinadora



Prof. Dr. André Mauricio Melo Santos



Profa. Dra. Rosana Tidon



Profa. Dra. Tania Tassinari Rieger

Dedico este trabalho a Maria José,  
mais que uma genitora,

um exemplo de mulher.

## AGRADECIMENTOS

Somos seres que dependemos de relações com os outros, portanto, foram muitos os que contribuíram direta ou indiretamente na consecução desse trabalho. Inicialmente agradeço a Deus, ser supremo a quem entrego minha vida.

À minha amada família, principalmente minha mãe que não cessou esforços para me proporcionar uma vida digna e educação de qualidade. Ao meu namorado Hugo, pelo amor, paciência, companheirismo, e pelos empréstimos do PC na fase final do trabalho. Aos meus mestres, que desde o ensino fundamental e médio me mostraram que profissionalismo independe do financeiro e formação acadêmica. Nomes que não podem ser esquecidos: Rogério, Sandra, Graça Castro, Dênia e Betânia que me apresentou ao mundo da Biologia.

À minha Orientadora, Dra. Cláudia Rohde, pelo aceite ao desafio, pela paciência, pelos conselhos, e principalmente pelas oportunidades concedidas, ensinamentos e experiências que foram passadas ao longo destes anos. À minha Co-Orientadora, Dra. Ana Cristina Lauer Garcia, por ter entrado de cabeça na pesquisa, e por sempre estar preocupada com o andamento do trabalho, dando dicas de como executá-lo da melhor forma possível.

Aos amigos e companheiros de pesquisa, a turma do Laboratório de Genética do CAV: Klecianne, Rita Dayane, Jana, Cícero Jorge, Wanessa. E aos que não estão mais lá: Diva (grande amiga e incentivadora), Ritta, Gleyse, Amanda, Thiago Henrique (Tico), Allyson, Mário e Renata. Vocês foram fundamentais. Obrigada por fazerem do “nosso” local de trabalho um ambiente de colaboração, amizade, respeito e de pensamentos científicos.

Aos meus grandes amigos que, de perto ou longe, sempre estiveram me apoiando e acreditando nessa vitória que não é apenas minha. Posso até não ter posto os nomes de alguns, porém todos são muito importantes para mim: Malu, Fozinha, Mê, Adri, Val, Edjair, Lucicleide. Cida, Clara, Dani, Manu, Saulo Lucena, Daniela, Jaque, Beta, e tantos outros que passaram por minha vida.

A minha querida turma da Pós-Graduação, e incluo nela Adalva e Aninha, pela convivência, aperreios e soluções encontradas. Agradeço, sobretudo, a Paula e Viviane, amigas queridas com quem partilhei momentos de *stress* e aprendizado. Ao Eliseu e Hermes, por me ensinarem, socorrerem e tirarem minhas dúvidas no uso daqueles programas viajados tão fundamentais à execução desta pesquisa.

Ao PARNAMAR na pessoa de Tadeu Oliveira, pela autorização e suporte durante as coletas em Fernando de Noronha. À FACEPE, PROPESQ e CNPq pelo apoio financeiro para a pesquisa e eventos científicos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	i
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	ii
<b>RESUMO</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
<b>CAPÍTULO 1</b>	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Revisão da Literatura	4
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Diversidade e ecologia da família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em três manguezais tropicais de Pernambuco, Nordeste do Brasil.</b>	11
Resumo	11
Introdução	13
Material e Métodos	15
Resultados	23
Discussão	33
Referências	38
Apêndices	42
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>First record of <i>Zaprionus indianus</i> (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an Oceanic Island of Pernambuco State, Brazil.</b>	45
Introdução	46
Material e Métodos	46
Resultados e Discussão	47
Referências	47
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>Estado da composição de drosofilídeos (Diptera, Insecta) na Ilha de Fernando de Noronha, Nordeste do Brasil.</b>	49
Resumo	50
Introdução	50
Metodologia	53
Resultados e Discussão	55
Referências	61
Apêndice	64
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	66
<b>REFERÊNCIAS</b>	73
<b>ANEXOS</b>	V

## LISTA DE SÍMBOLOS

km	quilômetros
km <sup>2</sup>	quilômetros quadrados
mm	milímetros de precipitação
ha	hectares (100m <sup>2</sup> )
°C	graus centígrados
$S_{obs}$	riqueza de espécies observada
$S_{rar}$	riqueza estimada das espécies pelo método de rarefação
$H'$	índice da heterogeneidade de Shannon-Wiener
$E_{var}$	índice de regularidade de Smith-Wilson
S	sul
W	oeste

## LISTA DE ABREVIATURAS

KOH	Hidróxido de potássio
NDVI	Índice de vegetação por diferença normalizada
CAV	Centro Acadêmico de Vitória
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
PARNAMAR	Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha
FACEPE	Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PROPESQ	Pró-Reitoria para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação
PI	Estado do Piauí
CE	Estado do Ceará
RN	Estado do Rio Grande do Norte
PB	Estado da Paraíba
PE	Estado de Pernambuco
NDVI	índices de vegetação por diferença normalizada

## RESUMO

Estudos ecológicos sobre as espécies de drosofilídeos têm demonstrado sua grande diversidade e versatilidade na adaptação a diferentes ambientes. No Brasil, muitos ecossistemas e biomas têm sido estudados a partir deste ponto de vista, mas os manguezais estão entre os menos conhecidos, com apenas dois estudos relatados na literatura. A fim de melhor compreender a diversidade de drosofilídeos do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, esses insetos foram coletados em diferentes manguezais, três deles no continente e um na ilha de Fernando de Noronha. As coletas foram realizadas em duas diferentes épocas, chuvosa e seca. Os resultados apresentam a riqueza e a diversidade das espécies, estabelecendo relações com os aspectos ecológicos das diferentes áreas. Um total de 37.444 drosofilídeos foi coletado em seis amostras realizadas em três manguezais de Pernambuco. Foram identificadas 31 espécies pertencentes a seis gêneros: *Amiota* Loew, *Drosophila* Fallen, *Rhinoleucophenga* Hendel, *Scaptodrosophila* Duda, *Zaprionus* Coquillett e *Zygothrica* Wiedemann. O subgênero *Sophophora* apresentou a maior riqueza (8 grupos e 11 espécies), com 4 espécies pertencentes ao grupo da *Drosophila melanogaster*, 4 espécies ao grupo da *D. willistoni* e 3 espécies ao grupo da *D. saltans*. Houve uma grande predominância de três espécies exóticas, *Drosophila malerkotliana*, *D. simulans* e *Zaprionus indianus*, que representaram 95,5% do total de indivíduos. Os resultados de análise de diversidade (heterogeneidade de Shannon-Wiener e riqueza de espécies estimada por rarefação) apontam o manguezal urbano de Pina (localizado na cidade do Recife) como o mais diverso entre os locais amostrados. Apesar da sua localização em uma área urbana, o Pina teve a mesma cobertura vegetal (analisado através do *Normalized Difference Vegetation Index*) que o manguezal do Rio Formoso, enquanto que o manguezal de Suape se mostrou significativamente inferior. Outras coletas feitas em um manguezal oceânico e em mais quatro ambientes da ilha Fernando de Noronha, distante 350 km da costa do Atlântico, incluem mais 25.911 drosofilídeos analisados. Apenas oito espécies foram identificadas entre dez amostragens realizadas. As espécies identificadas pertencem a quatro gêneros: *Drosophila* (N=24.154 indivíduos), *Zaprionus* (N=1.719), *Scaptodrosophila* (N=36) e *Rhinoleucophenga* (N=2). Trata-se do primeiro registro da ocorrência da espécie invasora *Zaprionus indianus* em uma ilha oceânica do Brasil. Esta espécie esteve presente nos cinco locais estudados, especialmente nos ambientes perturbados da ilha. Juntos, os resultados identificam a presença de, pelo menos, 35 diferentes espécies, sendo que duas delas são novos registros para o estado de Pernambuco.

**Palavras-Chave:** Drosofilídeos, ecologia, diversidade, manguezal oceânico, Nordeste do Brasil.

## ABSTRACT

Ecologic studies on drosophilid species have demonstrated their great diversity and versatility to adapt to different environments. In Brazil, many ecosystems and biomes have been studied from this point of view, but the mangroves are among the least known, with only two studies reported in the literature. In order to better understand the diversity of drosophilid of Pernambuco state, northeastern Brazil, these insects were sampled in different mangroves, three of them in the continent and one mangrove on the island of Fernando de Noronha. The collections were made in two different seasons, wet and dry. The results demonstrated the richness and diversity of species present, establishing relationships with the ecological aspects of differential areas. A total of 37,444 drosophilids were collected in six samples taken in the three mangroves of Pernambuco. Were identified 31 species belonging to six genera: *Amiota* Loew, *Drosophila* Fallen, *Rhinoleucophenga* Hendel, *Scaptodrosophila* Duda, *Zaprionus* Coquillett and *Zygothrica* Wiedemann. The *Sophophora* subgenus showed the highest richness (8 groups and 11 species), with four species belonging to the *Drosophila melanogaster* group, four species to the *D. willistoni* group and three species belonging to the *D. saltans* group. There was a great predominance of three exotic species, *Drosophila malerkotliana*, *D. simulans* and *Zaprionus indianus*, which accounted for 95.5% of total individuals. The results of analysis of diversity (heterogeneity index of Shannon-Wiener and species richness estimated by rarefaction) indicated the urban mangrove of Pina (located in the Recife city) as the most diverse. Despite its location within an urban area Pina has the same cover vegetation (analyzed by using Normalized Difference Vegetation Index) of Rio Formoso mangrove, whereas the Suape mangrove was significantly lower. Other collections made in one oceanic mangrove and other four environments of Fernando de Noronha island, distant 350 km of Atlantic coast, include more 25,911 drosophilid analyzed. Only eight species were identified in ten different collections, and they belong to four different genera: *Drosophila* (N=24,154 specimens), *Zaprionus* (N=1,719), *Scaptodrosophila* (N=36) and *Rhinoleucophenga* (N=2). It was the first record of the occurrence of invasive species *Zaprionus indianus* in an oceanic island of Brazil. This species was present in all five environments studied, especially in disturbed environments of the island. Together, all results account for at least 35 different species identified, being two of them news records for Pernambuco state.

**Keywords:** Drosophilids, ecology, diversity, oceanic mangrove, Northeast Brazil.

## CAPÍTULO 1

### 1.1 Introdução

A família Drosophilidae (Insecta, Diptera) compreende mais de 4.000 espécies de pequenas moscas conhecidas popularmente como as “moscas das frutas”. Estas se encontram distribuídas em 75 gêneros, dos quais *Drosophila* é o mais especioso. Essa família está composta por consumidores primários de microrganismos, principalmente leveduras associadas a frutos em estágio de decomposição, mas também exploram outros recursos, tais como flores, guano de morcegos e cladódios de cactos. Por apresentarem pequeno porte, serem facilmente coletadas na natureza e mantidas em laboratório, possuem ciclo de vida curto, favorecendo a obtenção de muitas gerações em um curto espaço de tempo, as moscas da família Drosophilidae são consideradas excelentes modelos biológicos (POWELL 1997).

Dentro da família Drosophilidae, o gênero *Drosophila* é o mais amplamente estudado nas mais diversas áreas, tais como: fisiologia, comportamento, desenvolvimento, biologia molecular e genética. Nesta última área, apresentou importante papel nas primeiras descobertas sobre os fatores de transmissão dos caracteres hereditários, ligação e interação gênica, efeitos da radiação, aberrações cromossômicas, mudanças evolutivas em populações, entre outros.

Embora amplamente investigados, estes pequenos insetos ainda carecem de estudos no que se refere ao campo da ecologia, mesmo se prestando tão bem para esta finalidade. Uma vez que o Brasil é detentor de uma vasta fauna de drosofilídeos distribuída por todo país, assembleias de drosofilídeos têm sido caracterizadas em diversos ambientes do território nacional, tais como a Floresta Atlântica, o Cerrado, a Floresta Amazônica, a Caatinga, áreas urbanas, entre outros. Apesar de muitos levantamentos taxonômicos de drosofilídeos terem sido desenvolvidos nos últimos anos, alguns autores acreditam que metade das espécies existentes ainda permaneça desconhecida (MEDEIROS & KLACZKO 2004).

Dentre os ambientes do território nacional, os Manguezais surgem como uma das áreas menos conhecidas quanto à biodiversidade de drosofilídeos. Dentre as regiões brasileiras que apresentam esta fitofisionomia destaca-se a região Nordeste, a qual abriga 80% das áreas de manguezais presentes no país.

O manguezal é uma floresta que se distribui na zona intertropical, entre as latitudes 30°N e 30°S, com algumas poucas exceções. Por apresentar características tão peculiares como as periódicas inundações, a salinidade, o solo instável e pouco oxigenado, além da ação mecânica da água, a vegetação do tipo mangue possui adaptações bastante curiosas,

tais como raízes aéreas, com dispersão de propágulos pela corrente controlada pelas marés, rápido crescimento da copa, ausência de anéis de crescimento, eficiente mecanismo de retenção de nutrientes e resistência à salinidade.

As formas vivas que constituem o ecossistema manguezal incluem não apenas as florestas e demais formas de vegetação natural (com predominância do gênero *Rhizophora*), mas também os demais organismos associados, tais como mamíferos, aves, insetos, e algumas cobras, anfíbios, líquens, entre outros micro-organismos. Na porção abaixo da linha d'água do manguezal, sujeita a ação das marés, desenvolvem-se também moluscos, crustáceos e peixes.

Embora os manguezais localizados no território brasileiro sejam reconhecidos pela legislação ambiental como Áreas de Preservação Permanente pelo Art. 2 da Lei 4771/65, estes ambientes encontram-se seriamente ameaçados. Por sua localização costeira, coincidindo com áreas de ocupação humana, os manguezais sofrem acelerada devastação em todo o mundo, com desmatamentos muito superiores às demais florestas tropicais. Um dado preocupante é o de que cerca de um terço dos manguezais do mundo foram perdidos nas últimas duas décadas, o que representa mais do dobro da área de mangue que o Brasil possui atualmente. Além disso, o manguezal é um ecossistema que desempenha papel fundamental na estabilidade da geomorfologia costeira, na conservação da biodiversidade e na manutenção de amplos recursos pesqueiros, geralmente usados pela população (MAIA *et al.* 2005).

A caracterização/ conhecimento da fauna de drosofilídeos surge como uma ferramenta a ser utilizada no desenvolvimento de ações futuras de conservação do ecossistema manguezal, o que conseqüentemente beneficia a saúde da população que dele se utiliza.

Dado o atual estado de conservação dos manguezais brasileiros, aliado a sua importância para o meio ambiente, estratégias e ações voltadas à preservação e manejo sustentável deste ecossistema atingem cada vez mais um caráter prioritário. Neste sentido, levantamentos taxonômicos de drosofilídeos em diferentes formações vegetais de regiões pobremente estudadas, como a região Nordeste do Brasil, assumem um papel fundamental, uma vez que é a partir do conhecimento e da descrição de novas espécies que se torna possível o desenvolvimento de outros estudos, inclusive aqueles voltados para a biologia da conservação.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Contribuir para a caracterização das assembléias de Drosophilidae no Nordeste do Brasil.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Caracterizar a riqueza, abundância e diversidade de espécies da família Drosophilidae em três manguezais de Pernambuco, comparando a riqueza e a abundância entre as espécies.
2. Avaliar a composição das assembléias de drosofilídeos em cada manguezal frente aos aspectos como cobertura vegetal, temperatura e precipitação.
3. Comparar a variação temporal e espacial dos drosofilídeos nos manguezais do estado de Pernambuco com os obtidos em três ambientes de Floresta Atlântica adjacentes a estes manguezais.
4. Comparar os resultados de riqueza e abundância de espécies com os obtidos para as áreas de Floresta Atlântica adjacentes.
5. Comparar os resultados de riqueza e abundância de espécies entre os manguezais urbanos e não urbanos.
6. Comparar os resultados observados nos manguezais estudados, com os obtidos em um estudo prévio realizado para manguezais no estado de Santa Catarina, Sul do Brasil.
7. Realizar um levantamento da fauna de drosofilídeos que ocorrem em cinco ambientes da ilha de Fernando de Noronha, entre eles um manguezal oceânico.

## 1.3 Revisão da Literatura

### 1.3.1 Família Drosophilidae

A família Drosophilidae (Diptera, Insecta) compreende 4.112 espécies de pequenas moscas agrupadas em 75 gêneros e duas subfamílias: Steganinae e Drosophilinae (BÄCHLI, 2011). CARSON (1971) define os representantes desta família como consumidores primários de microorganismos, fundamentalmente leveduras associadas a frutos em estágio de decomposição, por este motivo são amplamente conhecidas como as “moscas das frutas”. No entanto, há outros locais explorados por estes insetos tais como flores, fungos, flores, guano de morcegos, cladódios de cactos, entre outros (CARSON 1971, MIZUGUCHI 1978; ASHBURNER 1981, LACHAISE & TSACAS 1983, VILELA, PEREIRA & SENE 1983, GRIMALDI 1990, TOSI *et al.* 1990, VILELA 1984, TIDON-SKLORZ & SENE 1999, GOTTSCHALK *et al.* 2009).

Desde o início do século XX, o gênero *Drosophila*, o mais especioso da família Drosophilidae com 1.163 espécies descritas (BÄCHLI 2011), se tornou o preferido para estudos genéticos, os quais foram iniciados pelos trabalhos clássicos desenvolvidos pelo grupo de Thomas Morgan com a espécie *D. melanogaster*. Importantes estudos foram realizados com estes insetos abordando a base genética da transmissão dos caracteres hereditários, ligação e interação gênica, efeitos da radiação, aberrações cromossômicas, mudanças evolutivas em populações, entre outros (FREIRE-MAIA & PAVAN 1949, STRICKBERGER 1962). De acordo com POWELL (1997), nenhum outro modelo biológico foi tão amplamente estudado como as moscas do gênero *Drosophila*.

### 1.3.2 Estudos ecológicos com a família Drosophilidae

Aspectos ecológicos dos drosofilídeos ainda são pouco estudados, especialmente em áreas tropicais (VAL *et al.* 1981, BRNCIC *et al.* 1985, SAAVEDRA *et al.* 1995, TIDON 2006). O início dos estudos ecológicos dos drosofilídeos brasileiros teve início na década de 1940, e nesta época a taxonomia destes insetos era feita, formalmente, somente através da análise da morfologia externa dos indivíduos. Com o tempo, a existência de uma grande diversidade de espécies crípticas impôs outras formas de análises, como o padrão de desenvolvimento de larvas, a forma de ovos e pupas e a análise da estrutura dos cromossomos politênicos (BREUER & PAVAN 1950, HEED 1962). Atualmente, descrições no campo taxonômico dão ênfase também à morfologia interna e externa da terminália do macho e ao padrão eletroforético de enzimas (VILELA 1983, GARCIA *et al.* 2006).

Durante muito tempo, estudos taxonômicos e ecológicos de drosofilídeos estiveram praticamente restritos à região sul e sudeste do Brasil (GOTTSCHALK *et al.* 2008). Através dos estudos realizados até o momento, sabe-se que nossa fauna é riquíssima em número de espécies e que há grandes variações regionais e temporais. Trabalhos incluindo grandes extensões territoriais foram feitos por PAVAN (1959), através de várias abordagens ecológicas em diversas localidades e por SENE *et al.* (1980) que estudaram os biomas da Floresta Atlântica, Caatinga e Cerrado, incluindo aí dunas, restingas, o Pantanal e as bordas do Chaco.

Atualmente vêm crescendo os estudos voltados à ecologia dos drosofilídeos, principalmente por estes insetos reunirem características privilegiadas para esta finalidade, tais como especialização ao habitat, taxonomia estável e cada vez mais conhecida, fácil manipulação e observação, biologia e história natural bem compreendida, padrões de resposta refletidos em outros táxons e ampla distribuição geográfica (PEARSON 1994). Além disso, os drosofilídeos apresentam diversidade nos padrões de resposta de desenvolvimento, morfologia, fisiologia e comportamento, os quais estão fortemente relacionados com a temperatura (DAVID *et al.* 2005), que é um dos fatores abióticos mais importantes para explicar a distribuição e abundância das espécies (PÉTAVY *et al.* 2004). Estes insetos apresentam, portanto, alta sensibilidade a pequenas modificações no ambiente, além de rapidez de resposta em termos de crescimento populacional (MARTINS 1987).

KRIJGER (2000) defende a ideia de que comunidades de drosofilídeos constituem excelentes modelos para estudo do impacto da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade de espécies. Desta forma, nas últimas décadas alguns resultados interessantes têm sido obtidos estudando-se drosofilídeos como bioindicadores de fragmentação de habitats (MARTINS 2001), de urbanização (AVONDET *et al.* 2003, GOTTSCHALK *et al.* 2007) e de poluição do ar (LUCCHESI *et al.* 2002). Especialmente na região do Cerrado brasileiro os drosofilídeos também vêm sendo utilizados como possíveis bioindicadores de ambientes preservados e perturbados pela ação antrópica (MATA *et al.* 2008). Embora se prestem tão bem para estudos nesta linha, alguns ambientes brasileiros ainda são pouco conhecidos quanto à diversidade de sua fauna de drosofilídeos, impedindo a realização de estudos mais aplicados. De forma especial, isto ocorre para os ecossistemas de manguezais tão importantes, como veremos a seguir, sob o ponto de vista da conservação.

### **1.3.3 Os ecossistemas de manguezais**

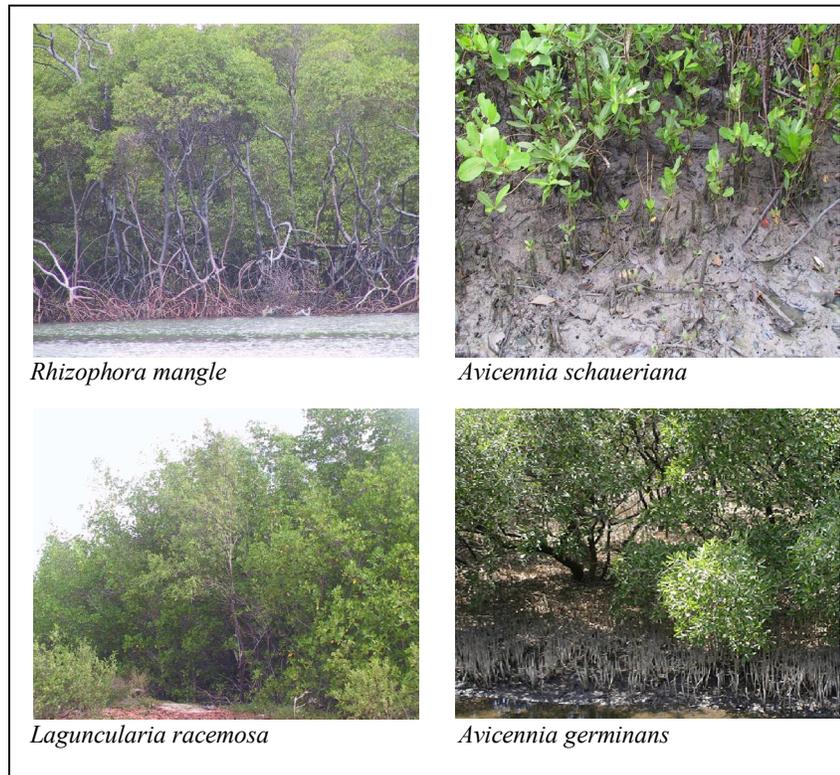
Os Manguezais são caracterizados como uma zona de transição entre os ambientes terrestres e marinhos, onde ocorre o encontro de águas de rios com a água do mar, como nas

margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios, lagunas e reentrâncias costeiras. De acordo com BENFIELD *et al.* (2005), os manguezais são ambientes costeiros, característicos de regiões tropicais e subtropicais, ocupando as áreas entre marés.

De acordo com MAIA *et al.* (2006), este ecossistema representa 8% de toda a linha de costa do planeta e um quarto da linha de costa da zona tropical, perfazendo um total de 181.077 km<sup>2</sup>. De acordo com LACERDA (2005), os mangues preenchem uma fração significativa do litoral brasileiro, ocupando cerca de 90% da linha de costa (aproximadamente 6.800 km), estendendo-se do extremo norte no Oiapoque, estado do Amapá (4°30'N), até seu limite sul na Praia do Sonho, em Santa Catarina (28°53'S). No Brasil as florestas de mangues cobrem aproximadamente 13.400 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente metade da área total de mangues das Américas (KJERFVE & LACERDA 1993), representando a segunda maior área de manguezal do mundo, atrás apenas da Indonésia, que apresenta 42.550 km<sup>2</sup>, distribuídos ao longo de seus arquipélagos (SPALDING *et al.* 1997). Na região Nordeste do Brasil, os manguezais somam 63.319 ha. Destes, 16.251 ha estão no estado de Pernambuco (LACERDA *et al.* 2006), correspondendo a segunda maior área entre os estados do Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia).

O mangue é uma floresta muito peculiar com adaptações bastante curiosas da flora e da fauna responsáveis pela sobrevivência em um local com características tão únicas, como as periódicas inundações, a salinidade, o solo instável e pouco oxigenado e a ação mecânica da água (CITRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI 1983, LACERDA 1984). Do ponto de vista das espécies vegetais, os manguezais da região tropical Atlântica são considerados ambientes depauperados em espécies e menos diversos que os manguezais Indo-Pacíficos (DUKE 1992), sendo a espécie *Laguncularia racemosa* persistente nos ambientes devido a sua alta habilidade de dispersão (FOURQUREAN *et al.* 2010).

De um modo geral, na região Nordeste do Brasil os mangues têm sido caracterizados como apresentando uma baixa diversidade florística (SAMPAIO 1996, SOUZA & SAMPAIO 2001), sendo formados, principalmente, por quatro diferentes espécies: *Rhizophora mangle* L. (a espécie predominante), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn., *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman e *Avicennia germinans* L., conforme imagens da **Figura 1**.



**Figura 1.** Imagens das espécies vegetais mais comuns dos mangues do Nordeste do Brasil.

Embora a diversidade de plantas seja baixa nos manguezais da América, esse ecossistema suporta uma fauna diversa (DELABIE *et al.* 2006). Essa é formada por algumas aves que migram até os mangues em busca de alimento ou para se reproduzir e alguns mamíferos, tais como os morcegos, que visitam o mangue em busca de alimento. Diversos peixes, crustáceos e moluscos também cumprem ao menos parte de seu ciclo de vida nos mangues (MENEZES & MEHLIG 2009).

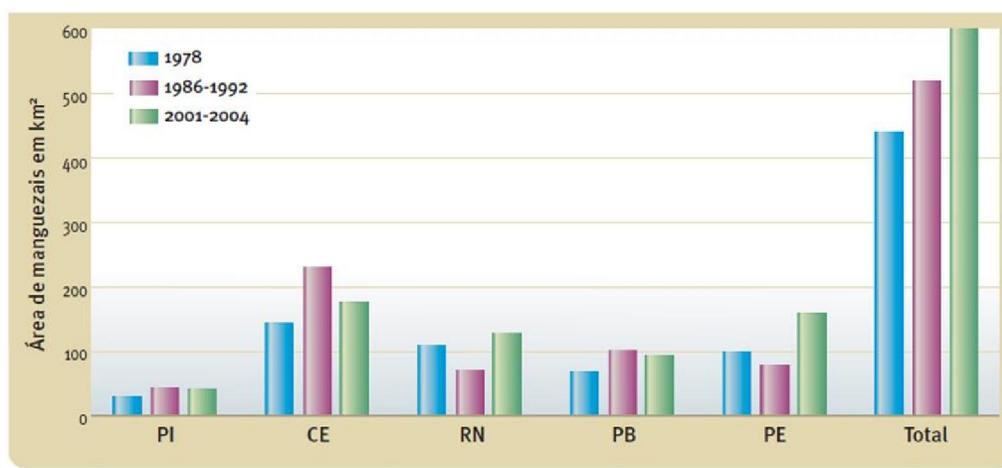
Além do aspecto da biodiversidade, os manguezais têm importância devido às funções fundamentais que exercem para o meio ambiente, tal como a manutenção da qualidade da água, fixação do sedimento e fornecimento de produção primária para o entorno. Entre os recursos naturais, as áreas de manguezais representam um patrimônio importante, uma vez que são consideradas zonas de elevada produtividade biológica e uma grande fonte de recursos pesqueiros (SOUZA & SAMPAIO 2001), além de serem áreas de berçário e de refúgio para espécies de interesse comercial e artesanal (BENFIELD *et al.* 2005).

Por sua localização costeira, coincidindo com áreas ocupadas pela população humana, os manguezais sofrem acelerada devastação em todo o mundo, com taxas muito superiores às demais florestas tropicais. LACERDA *et al.* (2006) alertam que as áreas de manguezal vêm sofrendo alterações significativas ao longo da costa brasileira, sobretudo em

razão de ações humanas diretas e ilegais, como o desmatamento e a conversão da área para outros usos, como desenvolvimento urbano, atividades turísticas e de maricultura (criação de frutos do mar em fazendas marinhas).

O interesse em preservar os manguezais remonta desde a época do Brasil colonial. Prova disto é que em julho de 1760, Don José, Rei de Portugal e do Brasil foi um dos primeiros a criar uma lei de proteção e manejo adequado dos manguezais, inclusive com penalidades ao corte das árvores (MACIEL 1989, SCHAEFFER-NOVELLI & CITRÓN 1990) tanto pra construção de barcos quanto para alimentar o fogo.

Atualmente, no entanto, a situação de preservação dos manguezais ainda permanece preocupante. Segundo VALIELA *et al.* (2001), um terço dos manguezais do mundo foram perdidos nas últimas duas décadas. Embora este quadro pareça desanimador, MAIA *et al.* (2006) relatam resultados menos pessimistas, ao indicar que houve aumento nas área de manguezal no Brasil e na região Nordeste. De acordo com estes autores os manguezais brasileiros foram mapeados pela primeira vez na década de 1970 pelo oceanógrafo Renato Herz, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP), autor do primeiro *Atlas dos Manguezais* do país. Como se esperava, houve grandes variações nas áreas de manguezais dos estados nordestinos, mas, em comparação com valores de 1978, o aumento da área total foi acentuado: 36% (158 km<sup>2</sup>), ver **Figura 2**. Os maiores incrementos foram registrados nos estados de Pernambuco (67%), Paraíba (40%) e Piauí (35%). Por outro lado, na comparação feita com levantamentos das décadas de 1980 e 1990, houve redução da área de mangue em alguns estados, principalmente Ceará (-4%), Piauí (-8%) e Paraíba (-5%). Ainda assim, considerando a soma das áreas totais registradas nesse período, o incremento dos manguezais foram maiores em até 13% em relação ao mapeamento de 1978.



**Figura 2.** Áreas de manguezais nos estados do PI, CE, RN, PB e PE em três diferentes épocas (Imagem retirada de LACERDA *et al.* (2006)).

Se por um lado o aumento das áreas dos manguezais nordestinos parece uma boa notícia, por outro pode estar refletindo um desequilíbrio dos ambientes como um todo. LACERDA *et al.* (2010), por exemplo, têm apontado alguns dos indicadores significativos de mudanças climáticas globais sobre o Nordeste brasileiro, entre eles a crescente expansão dos manguezais. Segundo os autores, as mudanças climáticas globais, acarretam a diminuição da pluviosidade que, por sua vez, altera a capacidade de transporte dos sedimentos nos rios e a diminuição do aporte de sedimentos ao oceano. Isso afeta a linha de costa e as calhas fluviais, gerando sedimentos que aumentam a intensidade dos processos de formação de ilhas, o que favorece a colonização destes novos espaços assoreados pela vegetação dos manguezais. Esta expansão dos manguezais resulta em alteração da biogeoquímica estuarina, acarretando mudanças em cadeias tróficas, ciclos de nutrientes e mesmo na biodiversidade (LACERDA *et al.* 2010).

O conhecimento a cerca da diversidade da fauna presente nas áreas atuais de mangue, incluindo aí as pequenas moscas da família Drosophilidae, é fundamental para acompanhar e monitorar as modificações sofridas pelos manguezais. Estes estudos podem servir ainda como argumentação necessária para a preservação dos ambientes ou para a criação de novas áreas de conservação, em contrapartida aos interesses públicos e privados de ocupação dos manguezais, para fins industriais, imobiliários ou turísticos, especialmente no estado de Pernambuco.

#### **1.3.4 Estudo da família Drosophilidae nos manguezais brasileiros**

Embora levantamentos taxonômicos e estudos ecológicos com drosofilídeos já tenham sido realizados em diversos ambientes do Brasil, os manguezais são áreas minimamente exploradas neste tipo de investigação, mesmo em um país que abriga a segunda maior área de manguezais do mundo.

SCHMITZ *et al.* (2007) foram pioneiros na caracterização da fauna de Drosophilidae que exploram os manguezais, um ambiente, até então, desconhecido quanto ao conhecimento da diversidade desses insetos. Os autores investigaram três manguezais do estado de Santa Catarina e dentre os 82.942 espécimes coletados foram identificadas 69 espécies pertencentes a seis gêneros: *Amiota* Loew, *Drosophila* Fallén, *Leucophenga* Mik, *Scaptodrosophila* Duda, *Zaprionus* Coquillett e *Zygothrica* Wiedemann. Os autores demonstraram a marcante abundância de *Drosophila simulans* Sturtevant, com alguns picos pronunciados de *D. malerkottiana* Parshad & Paika em determinadas épocas do ano. Outras espécies comuns foram *Zaprionus indianus* Gupta (invasora no Brasil), *D. mediotriata* Duda

e *D. willistoni* Sturtevant. Também foram coletados 45.826 espécimes da família Curtonotidae, grupo irmão de Drosophilidae, virtualmente ausente em outros ambientes.

Em um segundo estudo, avaliando os mesmos manguezais do estudo anterior, estes mesmos autores (SCHMITZ *et al.* 2010) concluíram que as assembléias de drosofilídeos dos manguezais catarinenses mostraram-se bastante homogêneas entre si e que as espécies encontradas eram as mesmas presentes em ambientes vizinhos. As abundâncias absolutas das espécies encontradas, no entanto, apresentaram-se visivelmente modificadas ao longo dos diferentes períodos do estudo, sugerindo que as espécies respondem diferentemente às pressões seletivas operantes nos manguezais, sendo que para algumas delas as pressões ambientais são mais restritivas do que para outras (SCHMITZ *et al.* 2007).

Fora os dois trabalhos conduzidos por Schmitz e colaboradores (SCHMITZ *et al.*, 2007 e 2010), nenhuma outra investigação da fauna de drosofilídeos foi realizada em áreas de manguezais, tornando este ambiente altamente atrativo para realização de novos estudos, de forma especial na região Nordeste do Brasil, palco de uma das zonas mais carentes em estudos ecológicos com estes insetos (GOTTSCHALK *et al.* 2008) e, ao mesmo tempo detentora de uma grande parcela dos manguezais brasileiros.

## CAPÍTULO 2

Trabalho a ser submetido na revista

*Biological Journal of the Linnean Society*

### **Diversidade e ecologia da família Drosophilidae (Insecta, Diptera) em três manguezais tropicais de Pernambuco, Nordeste do Brasil.**

**Geórgia Fernanda Oliveira<sup>1,2</sup>, Eliseu Pessoa de Andrade Júnior<sup>3</sup>, André Maurício Melo Santos<sup>3</sup>, Hermes José Schmitz<sup>4</sup>, Ana Cristina Lauer Garcia<sup>2</sup> & Claudia Rohde<sup>2,\*</sup>**

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente (PPSHMA), Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, 55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

<sup>2</sup> Laboratório de Genética, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, 55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

<sup>3</sup> Laboratório de Biodiversidade, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, 55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup> Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia Oriental, Museu Paraense Emílio Goeldi, 66077-530, Belém, Pará, Brasil.

---

Levantamentos taxonômicos e observações sobre aspectos ecológicos da fauna brasileira de drosofilídeos têm sido temas de um número cada vez maior de estudos, especialmente nas últimas duas décadas. Dentre os diversos ecossistemas brasileiros, os manguezais surgem como um dos ambientes mais carentes neste tipo de estudos, com apenas dois trabalhos publicados com estes insetos unicamente no estado de Santa Catarina, Brasil. Esta carência de estudos é ainda mais impactante frente à situação do território nacional, uma vez que Brasil se caracteriza por possuir a segunda maior área de manguezal do mundo, com 13.400 km<sup>2</sup> distribuídos ao longo dos 7.408 km de costa. Este trabalho teve como objetivo estudar os aspectos taxonômicos e ecológicos de espécies da família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em três manguezais localizados no estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. Dois destes manguezais, Suape e Rio Formoso, estão localizados em áreas de menor perturbação antrópica, enquanto um deles, Pina, situa-se dentro da zona

urbana da cidade de Recife. Em cada local foram realizadas duas amostragens, uma em período de maior pluviosidade e outra em período de maior estiagem. Foram coletados 37.444 drosofilídeos pertencentes a 31 espécies e seis gêneros: *Amiota* Loew, *Drosophila* Fallén, *Rhinoleucophenga* Hendel, *Scaptodrosophila* Duda, *Zaprionus* Coquillett e *Zygothrica* Wiedemann. Houve grande predominância de três espécies exóticas, *Drosophila malerkotliana*, *D. simulans* e *Zaprionus indianus*, as quais responderam por 95,5% do total de indivíduos coletados. Análises ecológicas foram realizadas a fim de melhor conhecer os aspectos bióticos e abióticos relacionados às áreas de estudos, bem como a interferência destes fatores sobre a ocorrência, preferência e diversidade das espécies. Os índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e equitabilidade de Smith & Wilson ( $E_{var}$ ) apontaram o manguezal urbano do Pina como o mais diverso. Quanto aos aspectos abióticos, foi possível definir que as áreas de estudo estão sob as mesmas influências de temperatura e precipitação mensal, porém as análises da cobertura vegetal (medida através do NDVI) indicam que o manguezal de Suape possui menor cobertura vegetal que os demais manguezais. A diversidade encontrada nos manguezais foi também comparada com outras três áreas de Floresta Atlântica, localizadas nas suas proximidades. Apesar de existirem diferenças quanto ao esforço amostral entre os manguezais (50 armadilhas por amostragem) e as florestas (10 armadilhas por amostragem), análises padronizadas por rarefação indicam que o manguezal urbano do Pina se manteve também mais diverso em relação aos locais de Floresta Atlântica. Por outro lado, os manguezais de Suape e Rio Formoso foram menos diversos que as florestas próximas. Em todos os casos, a diversidade foi sempre maior na época das chuvas do que na época da seca. Por fim, foram registradas 29 diferentes espécies nos locais de Floresta Atlântica e 31 espécies nos manguezais, incluindo o primeiro registro de *Rhinoleucophenga brasiliensis* e *Drosophila canalinea* para o estado de Pernambuco.

---

PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS: América do Sul - biodiversidade - distribuição temporal e espacial – espécies exóticas - fatores bióticos e abióticos.

\*E-mail: [claudiarohde@yahoo.com](mailto:claudiarohde@yahoo.com)

## INTRODUÇÃO

Manguezais são importantes ecossistemas que ocorrem em áreas abrigadas do litoral tropical, entre as latitudes 25°N e 30°S, no ponto de contato entre o continente e o mar, onde as marés misturam as águas doce e salgada, gerando um dos ecossistemas mais dinâmicos do planeta (Valiela *et al.*, 2001; Lacerda *et al.*, 2006). Florestas de mangue dominam em torno de 75% das costas tropicais e subtropicais do mundo (Odum *et al.*, 1982) e, como qualquer outra floresta, promovem serviços de ecossistemas (Costanza *et al.*, 1997) e alimento, através da produção de matéria orgânica primária, fruto da intensa decomposição produzida em seu ambiente (Odum & Heald, 1975; Meziane *et al.*, 2006; Abrantes & Sheaves, 2009). Por outro lado, os manguezais sofrem constantemente com o efeito de mudanças, tanto aquelas causadas pela contínua alteração do clima na Terra (regime hidrológico das bacias continentais, condições oceânicas e aquecimento global), quanto aquelas relacionadas à sua formação geológica recente, no Holoceno (há cerca de 7 mil anos), como a retração e avanço do nível do mar (Lacerda *et al.*, 2006). Além disso, os manguezais sofrem com o contínuo aumento da população mundial, concentradas nas zonas urbanas em desenvolvimento, junto ao litoral.

O Brasil é considerado o segundo país com maior área de manguezal do planeta. São cerca de 13.400 km<sup>2</sup> de mangues, compreendendo aproximadamente 6.800 km de orla litorânea, entre o extremo norte do Amapá e o sul de Santa Catarina (Valiela *et al.*, 2001; Lacerda *et al.*, 2006). O território brasileiro abriga aproximadamente 35% da área total de mangues da América e 15% da área de mangues do mundo (Valiela *et al.*, 2001).

De acordo com a legislação federal brasileira, todos os manguezais são considerados áreas de preservação permanente. Apesar disso, diversos estudos sugerem que os manguezais vêm sofrendo com a devastação antrópica, especialmente aquelas relacionadas às atividades turísticas, à maricultura e a criação de áreas industriais, tal como está ocorrendo com a ampliação do Porto de Suape, no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Nesta região brasileira os manguezais têm também influência direta do clima semiárido, do mar aberto, dos ventos alísios e do alto grau de retenção de seus rios (90% do fluxo é retido em barragens, açudes e represas), alguns intermitentes.

Devido à extensão continental do Brasil, sua extensa linha de costa e à ampla diversidade de comunidades naturais, incluindo manguezais, o litoral brasileiro pode ser subdividido aproximadamente em quatro setores, com base na climatologia e nos critérios geológicos e geomorfológicos da zona costeira (Lacerda, 2005). Neste contexto, Lacerda (2005) classifica o estado de Pernambuco como apresentando duas regiões, a Costa Nordeste Semiárida e Costa Nordeste Leste-Úmida na qual estão inseridos os manguezais

amostrados neste trabalho. Este último setor compreende a vasta região costeira que vai da Ilha de Itamaracá (7°30'S) até a Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro (22°S). Nesta região o clima é tropical úmido com precipitações médias anuais variando de 1,000 a 1,500 mm (Lacerda *et al.*, 2006), atingindo entre 1,800 e 2,400 mm nas proximidades do estado da Bahia, na região Nordeste.

Embora poucas espécies vegetais componham uma floresta de mangue, a diversidade de espécies animais é muito grande. No Brasil existem muitos estudos sobre a diversidade biológica dos manguezais os quais caracterizaram a porção abaixo da linha d'água, sujeita à ação das marés, como apresentando moluscos, crustáceos e peixes. Acima da linha d'água são encontrados organismos associados, entre eles mamíferos, algumas cobras, anfíbios, plantas epífitas, musgos, líquens, aves e insetos (Schaeffer-Novelli, 1986). Na revisão, realizada por Schaeffer-Novelli (1986), até 1985 haviam sido listadas mais de 560 referências sobre os manguezais do Brasil, porém, em nenhuma delas havia relato sobre as espécies da família Drosophilidae (Diptera, Insecta).

A família Drosophilidae é representada por moscas de pequeno porte, as quais têm sido alvo de estudos genéticos e, mais recentemente, ecológicos. Esta família está formada por 4.119 espécies distribuídas em 75 gêneros e duas subfamílias: Steganinae e Drosophilinae. O gênero *Drosophila*, pertencente à subfamília Drosophilinae, e está formado por 1.163 espécies, o mais especioso da família Drosophilidae (Bächli, 2011).

No Brasil, ecossistemas como a Floresta Atlântica e o Cerrado, em maior escala, bem como a Caatinga, a Floresta Amazônica e ambientes urbanos, foram estudados nas últimas décadas quanto à composição de espécies da família Drosophilidae (revisão em Gottschalk *et al.*, 2008; Chaves & Tidon, 2008). Os manguezais, entretanto, são praticamente desconhecidos sob este aspecto e apenas dois trabalhos científicos relatam estudos com drosofilídeos, ambos nos manguezais do estado de Santa Catarina, na região Sul do Brasil (Schmitz *et al.*, 2007, 2010).

Na região Nordeste do Brasil, o estado de Pernambuco apresenta um cenário altamente motivador para estudos ecológicos, uma vez que possui uma grande diversidade de ecossistemas. Seu território é formado por ilhas oceânicas, um arquipélago marinho (Fernando de Noronha), uma zona costeira coberta por arrecifes, praias, mangues e restingas, ambientes de Floresta Atlântica, Brejos de Altitude situados no seu interior, além da Caatinga, o único bioma exclusivamente brasileiro. Frente a esta riqueza de ambientes, poucos são os estudos de levantamento da fauna de drosofilídeos no território pernambucano. Entre os poucos trabalhos recentes, podemos citar o de Santos *et al.*, (2003) que estudaram ambientes urbanos e de Floresta Atlântica do estado e o de Oliveira *et al.* (2009) que relataram a ocorrência de uma espécie invasora na ilha de Fernando de Noronha.

Um fato que chama a atenção é que o número de espécies registradas da família Drosophilidae em Pernambuco era de apenas 14, até 2006 (Pavan, 1949; Dobzhansky *et al.*, 1964; Santos *et al.*, 2003; Manfrin & Sene, 2006). Este número aumentou consideravelmente com os recentes estudos de nosso grupo (Silva, 2010; Cabral, 2010; Rohde *et al.*, 2010). Hoje são conhecidas em Pernambuco pelo menos 81 espécies da família Drosophilidae (dados não publicados).

Motivados pela importância dos ambientes de manguezais, aliado a carência de estudos com drosofilídeos, este estudo buscou (1) caracterizar as assembléias de drosofilídeos em três manguezais de Pernambuco; (2) avaliar aspectos como cobertura vegetal, temperatura e precipitação frente à composição da assembléia de drosofilídeos em cada manguezal; (3) comparar as variações temporais existentes entre os manguezais (época da chuva e época da estiagem); (4) comparar os resultados de riqueza e abundância de espécies com os obtidos para as áreas de Floresta Atlântica adjacentes; (5) comparar os manguezais entre si, uma vez que um deles é urbano e os demais não. Com relação a estes objetivos, foram postuladas duas hipóteses: (1) os manguezais apresentam menor diversidade do que as áreas de Floresta Atlântica próximas; (2) o manguezal urbano apresenta menor diversidade de espécies de drosofilídeos em relação aos demais manguezais estudados, como consequência da influência antrópica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Áreas de estudo*

Coletas de drosofilídeos foram realizadas em três manguezais do litoral sul do estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil: Manguezal do Pina, Manguezal de Suape e Manguezal do Rio Formoso, conforme descrição na tabela 1. Cada local foi amostrado em duas épocas distintas, uma delas correspondente aos seis meses mais chuvosos do ano, denominado aqui como período das chuvas, e outra correspondente ao período de maior estiagem, denominado período da seca. De acordo com a análise dos dados climatológicos históricos, fornecidos pelo LAMEPE/ITEP (2011), o período das chuvas, entre os meses de março a agosto, concentrou em torno de 76% das precipitações anuais, enquanto o período da seca (setembro a abril) registrou precipitações mensais médias sempre abaixo dos 150 milímetros (mm).

O **Manguezal do Pina** está inserido no Parque Natural Municipal dos Manguezais Josué de Castro, criado recentemente através do Decreto nº 25.565/2010. Com área total de 320,32 ha, sendo 225,82 ha de mangue. Este parque está localizado no complexo estuarino dos rios Capibaribe, Pina, Jordão e Tejipió. O parque é uma das maiores áreas de mangue

localizado numa capital brasileira, Recife, que possui uma área urbana de 21.749,4 ha, a maior da região Nordeste e quinta maior do Brasil. As coletas de drosofilídeos neste manguezal foram realizadas na Ilha de Deus, às margens do Rio Pina.

O **Manguezal de Suape** está inserido, na área do Complexo Industrial Portuário de Suape (criado em 1979). Braga *et al.* (1989) analisaram as intervenções físicas ocorridas no Manguezal de Suape entre 1974 e 1988, concluindo que dos 2.874 ha de vegetação original, restavam 2.276 ha, devido a aterros e alagamentos envolvidos na construção do porto. O estuário de Suape é formado pelos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe, e está distante 40 km ao sul de Recife.

O **Manguezal do Rio Formoso** está inserido na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, criada em outubro de 1997, a primeira unidade de conservação federal para áreas de recifes do Nordeste do Brasil. O Manguezal do Rio Formoso é formado pelo estuário dos Rios Formoso, Ariquindá, União, Mamucabas e Ilhetas, distante 80 km ao sul de Recife.

Segundo a classificação de clima de Köppen (Köppen, 1948; Peel *et al.*, 2007), o clima nos três manguezais deste estudo é tropical úmido do tipo As', ou seja, clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa adiantada para o outono, antes do inverno. Segundo Andrade & Lins (1971), o clima é pseudotropical, com um período seco entre setembro e fevereiro e outro chuvoso de março a agosto. Quanto à vegetação, em geral, têm sido registrado nos manguezais nordestinos de três a quatro diferentes espécies, o que demonstra uma baixa diversidade florística (Sampaio, 1996; Souza & Sampaio, 2001). *Rhizophora mangle* L. é a espécie predominante, mas também ocorrem *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman e *Avicennia germinans* L.

A fim de enriquecer as análises comparativas dos resultados obtidos nos manguezais, foram também consideradas amostragens feitas em três ambientes de Floresta Atlântica, localizados nas proximidades de cada um dos manguezais estudados. Coletas anteriores realizadas por Silva (2010) no Parque Estadual Dois Irmãos (próximo ao Manguezal do Pina) e na Reserva Biológica de Saltinho (próxima ao Manguezal do Rio Formoso) foram analisadas. E, para comparações com o Manguezal de Suape, foram realizadas coletas na Reserva Ecológica Mata do Zumbi. O Parque Estadual Dois Irmãos é a maior área de Floresta Atlântica do município de Recife, e inclui açudes e o zoológico municipal. Já a Reserva Biológica de Saltinho, a 60 km ao sul de Recife, é a mais importante Unidade de Conservação Federal do estado de Pernambuco, criada em 1983. Por fim, a Reserva Ecológica da Mata do Zumbi é uma unidade de conservação estadual, criada em 1987, distante 40 km de Recife.

Na **Tabela 1** são apresentadas as descrições dos locais investigados, bem como as datas de amostragens, enquanto que na **Figura 1** são apresentados os mapas com as indicações dos pontos de coleta.

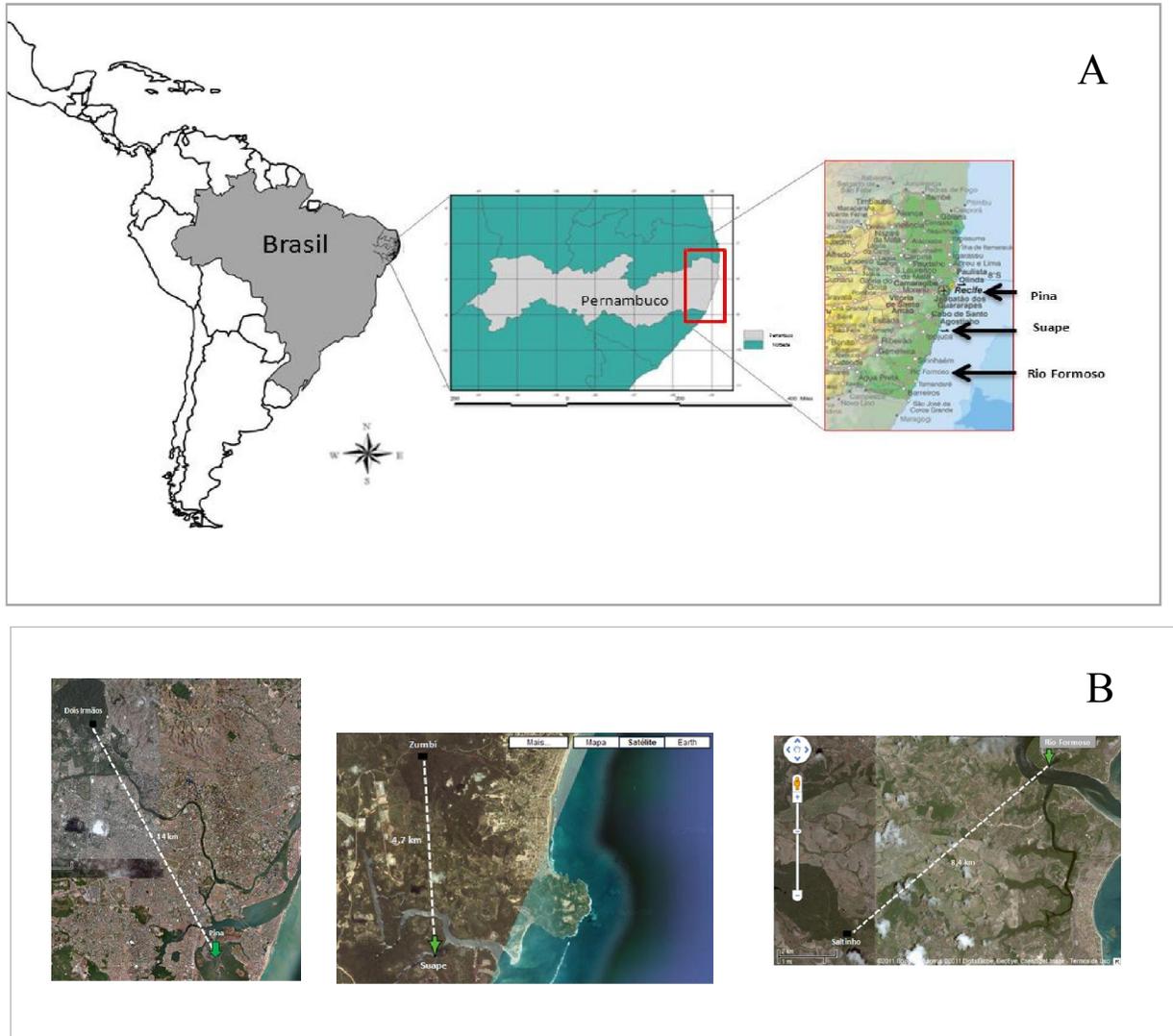
**Tabela 1.** Caracterização dos locais (manguezal e Floresta Atlântica) e datas das coletas (chuva e seca) realizadas no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Os valores de área estão em hectares (ha).

Local	Área Total	Latitude	Longitude	Estação	Data da coleta	Nº de armadilha
<b>Manguezais</b>						
Manguezal do Pina	225,8 ha	08°05'S	34°54'W	chuva	09/ago/09	50
				seca	22/fev/10	50
Manguezal de Suape	2.874,0 ha	08°17'S	25°02'W	chuva	22/ago/09	50
				seca	09/feb/10	50
Manguezal do Rio Formoso	1.850,0 ha	08°41'S	35°06'W	chuva	01/mai/09	50
				seca	15/dez/09	50
<b>Floresta Atlântica</b>						
Parque Municipal Dois Irmãos	384,4 ha	08°0'S	34°56'W	chuva	29/ago/08	10
				seca	25/abr/09	10
Reserva Ecológica Mata do Zumbi	292,4 ha	08°18'S	34°58'W	chuva	22/ago/09	10
				seca	09/fev/10	10
Reserva Biológica de Saltinho	548,0 ha	08°44'S	35°10'W	chuva	04/set/08	10
				seca	22/jan/09	10

#### *Método de coleta e identificação das espécies*

O método de coleta consistiu na captura de moscas adultas com armadilhas, contendo isca de banana, as quais foram construídas com garrafas plásticas, segundo especificações de Tidon & Sene (1988). Em cada evento de coleta, nos manguezais, foram amassados e distribuídos 5 kg de banana entre 50 armadilhas, seguindo a metodologia de Schmitz *et al.* (2007). Nas coletas da Floresta Atlântica foi distribuído 1 kg de banana entre 10 armadilhas, seguindo metodologia de Tidon (2006). As armadilhas foram penduradas a 1,5 m do chão, nas árvores dos locais amostrados. Após três dias, os adultos capturados foram transportados vivos ao laboratório.

Uma amostra das fêmeas das espécies crípticas foi colocada individualmente em tubos com meio de cultura para posterior análise dos machos descendentes. Os demais indivíduos coletados foram preservados em etanol 70% e identificados ao nível de espécie através da análise da morfologia externa e, em alguns casos, através da análise da terminália masculina (edeago e hipândrio), consultando literatura especializada (Freire-Maia & Pavan, 1949; Breuer & Pavan, 1950; Malogolowkin, 1952; Wheeler, 1952, 1986; Val, 1982; Vilela, 1983; Vilela & Val, 1985; Vilela & Bächli, 1990; Grimaldi *et al.*, 1990).



**Figura 1.** (A) Mapa esquemático de localização dos manguezais amostrados em Pernambuco: Manguezal do Pina (município de Recife), Manguezal de Suape (município de Cabo de Santo Agostinho) e Manguezal do Rio Formoso (município de Tamandaré). (B) Imagens de satélite (Google, 2011) com indicação (seta) dos manguezais e das áreas de Floresta Atlântica (■) analisadas: Dois Irmãos, Mata do Zumbi e Reserva de Saltinho.

As amostras dos espécimes coletados foram depositadas no Laboratório de Genética do CAV-UFPE, em Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Para os casos de análise da terminália dos machos, os indivíduos foram preparados em hidróxido de potássio (KOH), posteriormente corados com fucsina ácida 10% segundo Bächli *et al.* (2004) e dissecados em glicerol. Em cada local e época de coleta, uma amostra de indivíduos pertencentes ao subgrupo *willistoni* foi identificada ao nível de espécie pela análise do hipândrio (Malogolowkin, 1952; Rohde *et al.*, 2010) e pela técnica de migração eletroforética da enzima Fosfatase ácida-1 (*Acph-1*), a qual revela alelos diagnósticos para as espécies deste subgrupo (Garcia *et al.*, 2006). A proporção de cada espécie do subgrupo *willistoni* obtida por estas metodologias foi utilizada para estimar o número total das espécies em cada amostra.

#### *Dados climatológicos e da cobertura vegetal (NDVI)*

Através do banco de dados do LAMEPE/ITEP (2011) foram adquiridos os dados da precipitação mensal (janeiro/2009 a dezembro/2010) e os dados históricos anuais, tanto da precipitação anual de cada local, quanto das temperaturas médias mensais, temperaturas máximas e mínimas (**Apêndice I**).

Os manguezais aqui estudados também foram avaliados quanto à cobertura vegetal. Foi utilizado um dos mais populares índices de vegetação, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que é calculado a partir da refletância das bandas 3 e 4 (vermelho visível e infravermelho próximo, respectivamente) de imagens de satélite LANDSAT 5/TM. Seus valores variam de -1 a +1 assim, quanto mais próximo de +1, maior a quantidade e qualidade da vegetação. Este índice está associado a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar (Ponzoni & Shimabukuro, 2007).

O NDVI é definido pela fórmula:  $NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$  (1), onde NIR = infravermelho próximo (0,75 - 0,90  $\mu$ m) e R = vermelho (0,63 - 0,70  $\mu$ m). Para a análise, foram criados polígonos nas respectivas áreas de coleta para delimitar a área estudada (**Figura 2**). Para mensurar o NDVI foi utilizado o programa ArcGis 9.2 disponibilizado pelo Laboratório de Biodiversidade do CAV-UFPE.



**Figura 2.** Imagens de satélite (Google, 2011) dos locais amostrados nos Manguezais do Pina, Suape e Rio Formoso, com indicação em azul das áreas consideradas na estimativa da cobertura vegetal (NDVI), em menor (A) e maior escala (B).

### *Análise de dados*

Para caracterizar as comunidades de drosofilídeos dos manguezais e das áreas de Floresta Atlânticas aqui estudadas foram utilizadas as seguintes medidas de diversidade:

- i) Riqueza de espécies observada ( $S_{obs}$ ). Indica o número de diferentes espécies observadas em cada amostra;
- ii) Riqueza de espécies estimada pelo método de rarefação ( $S_{rar}$ ). Trata-se de uma estimativa do número de espécies, porém padronizando o tamanho da amostra, de forma que

todas as amostragens tenham o mesmo número total de indivíduos coletados (ou seja, a menor das coletas será o referencial).

iii) Índice de equitabilidade de Smith & Wilson ( $E_{var}$ ). Mede o quanto a distribuição das abundâncias das espécies presentes dentro de cada amostra é igualitária (índice mais próximo de 1) ou não (índice mais próximo de zero). Valores mais próximos de 1 significam que existe menor dominância de espécies (abundâncias mais semelhantes entre elas) em detrimento de outras. Valores mais próximos a zero indicam que na amostra existem, ao mesmo tempo, espécies muito abundantes e espécies muito raras.

iv) Índice da heterogeneidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ). É uma medida estimada para cada amostra, que combina tanto o número de espécies (i) quanto à equitabilidade entre as espécies (iii). Assim, quanto maior a riqueza de espécies ( $S_{obs}$ ) ou a equitabilidade ( $E_{var}$ ) maior será o valor de  $H'$ . O valor de  $H'$  é calculado como um logaritmo, aqui usado na base e ( $H'_e$ ), ou seja, os valores obtidos no teste ( $H'_{base2}$ ) foram multiplicados pelo valor de 0,693147, o que viabiliza comparações diretas com o trabalho de Schmitz *et al.* (2010) realizado nos manguezais do Sul do Brasil, e outros da literatura para diferentes ambientes. As medidas de diversidade (ii a iv) foram calculadas com o uso de softwares. Para o cálculo de  $S_{var}$  foi utilizado o *BiodiversityPro* versão 2 (McAleece *et al.*, 1997) e para  $H'$  e  $E_{var}$ , o *Ecological Methodology* (Krebs, 1999).

Sobre este último índice, também foi realizada uma análise da contribuição parcial de componentes para a diversidade. Em nosso estudo  $H'$  foi decomposto em *componente espacial* e *componente temporal*. No caso do componente espacial foram somadas as abundâncias absolutas das espécies coletadas em um mesmo local (por exemplo: coleta realizada no Manguezal do Pina na chuva e na seca). Os ambientes de manguezais foram comparados entre si, o mesmo ocorrendo para os ambientes de Floresta Atlântica. Já no caso do *componente temporal* foram comparadas as épocas de coleta entre si (coletas realizadas no período das chuvas e coletas realizadas no período das secas), através da soma dos dados dos três manguezais ou das três matas de Floresta Atlântica, em cada época de coleta (exemplo, soma dos dados do Pina, Suape e Rio Formoso coletados na chuva). A influência de diversos componentes sobre a diversidade das assembleias foi estimada pela fórmula  $H'_{entre} = H'_{total} - (\sum N_j H'_j) / Nt$ ; onde  $H'_{entre}$  é o valor de  $H'$  para um dado componente (espacial ou temporal);  $H'_{total}$  é o valor de  $H'$ , considerando todas as amostras agrupadas;  $Nt$  é o número total de indivíduos das amostras agrupadas;  $H'_j$  é o valor de  $H'$  dentro da categoria  $j$ ; e  $N_j$  é o número total de indivíduos em cada categoria  $j$ . Os componentes considerados foram: locais (Pina, Suape e Rio Formoso / Dois Irmãos, Zumbi e Saltinho) e períodos (chuva e seca nos manguezais / chuva e seca nas matas).

Cada espécie encontrada também foi avaliada quanto à sua constância (C). O valor C foi calculado segundo Dajoz (1983), onde  $C = p \times 100 / P$ , em que  $p$  = número de coletas

contendo a espécie estudada e  $P$  = número total de coletas efetuadas. A partir do valor de  $C$  distinguem-se as seguintes categorias: espécies constantes (presentes em mais de 50% das coletas), espécies acessórias (presentes em 25 a 50% das coletas) e espécies acidentais (presentes em menos de 25% das coletas).

Para comparar as diferentes amostras entre si foram realizadas análises de similaridade. Segundo Krebs (1999) testes de similaridades permitem medir este grau entre duas comunidades amostradas, determinando, assim, se elas podem ser classificadas juntas ou se necessitam ser separadas. Para isso, duas medidas são necessárias: uma lista das espécies que ocorrem em cada comunidade (riqueza de espécies) e medidas das suas abundâncias relativas (número de indivíduos de cada espécie). Os coeficientes de similaridade binários (como o Índice de Jaccard) são aqueles em que é verificada a presença ou ausência das espécies na comunidade e são, portanto, escalas nominais de medida. Já os coeficientes de similaridade quantitativos (como o Índice de Morisita) consideram a abundância relativa ou qualquer medida que quantifique a importância de uma espécie na comunidade (como biomassa, cobertura, produtividade etc). Para todos os casos os coeficientes de similaridade devem ser independentes do tamanho da amostra ou do número de espécies da comunidade (Wolda, 1981). Além disso, os coeficientes devem aumentar gradativamente, desde um mínimo até um máximo. A partir dos dados deste estudo, dendrogramas foram gerados, utilizando o *software* PAST (Hammer *et al.*, 2001). Neste caso, foram considerados os dados dos manguezais e das áreas de Floresta Atlântica juntos.

Para testar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os três manguezais (Pina, Suape e Rio Formoso), no que diz respeito à variável cobertura vegetal considerada (*NDVI*), recorreu-se ao teste de Kruskal-Wallis, uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal. O teste de Mann-Whitney foi utilizado para comparar as amostras duas a duas e indicar se existia diferença entre elas ( $\alpha = 0.05$ ). Para a realização destas análises recorreu-se ao *software* PAST 1.34 (Hammer *et al.*, 2001).

## RESULTADOS

Nos ecossistemas de manguezal deste estudo foram coletados 37.444 indivíduos da família Drosophilidae, enquanto nos ambientes de Floresta Atlântica foram 11.740. A **Tabela 2** descreve estes resultados, com a lista das espécies, classificação taxonômica e números absolutos de cada espécie por local e época de coleta. Entre os drosofilídeos coletados nos manguezais e nos ambientes de Floresta Atlântica de Pernambuco, foram encontradas 42 espécies (31 nos manguezais e 29 na Floresta Atlântica). A descrição original das espécies aqui identificadas está apresentada no **Apêndice II**.

Nos manguezais foram identificadas 31 espécies de sete gêneros, dos quais *Drosophila* foi, como esperado, o mais diverso, com 33 espécies. Os demais gêneros foram *Rhinoleucophenga* (com três espécies), *Zygothrica* (com duas espécies) e *Amiota*, *Neotanygastrella*, *Scaptodrosophila* e *Zaprionus* (com uma espécie cada).

Nove espécies foram coletadas em todos os ambientes estudados, tanto nos manguezais quanto nas áreas de Floresta Atlântica. São elas: *D. simulans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. ananassae*, *D. nebulosa*, *D. willistoni*, *D. paulistorum*, *D. sturtevanti* e *D. prosaltans*. Duas espécies do gênero *Zygothrica* foram coletadas neste estudo: *Z. orbitalis* e *Z. vittimaculosa*, ambas em baixa abundância (apenas 4 indivíduos para cada espécie). Destas, *Z. orbitalis* foi observada apenas nos manguezais, enquanto *Z. vittimaculosa* foi coletada apenas nas áreas de Floresta Atlântica. Quanto ao gênero *Rhinoleucophenga* 148 indivíduos foram coletados nos manguezais, sendo estes pertencentes a três espécies: *Rhinoleucophenga fluminensis*, *R. brasiliensis* e uma espécie não determinada (*R. sp.A*), a qual, possivelmente, se trata de uma espécie ainda não descrita. Nas áreas de Floresta Atlântica, apenas um indivíduo da espécie *R. fluminensis* foi coletado, na Mata do Zumbi. Este é o primeiro registro de *Rhinoleucophenga brasiliensis* para Pernambuco, espécie encontrada apenas nos manguezais, até o momento. Outra espécie deste gênero observada nos manguezais foi *R. fluminensis* a qual já havia sido descrita na década de 50, para a cidade do Recife (Costa Lima, 1950). Das espécies registradas nos manguezais estudados, 10 foram coletadas em apenas uma amostragem: *D. equinoxialis*, *D. saltans*, *D. aff. bromeliae*, *D. canalinea*, *D. coffeata* e outras cinco espécies não determinadas. Além destas, outras cinco espécies foram coletadas apenas em dois locais: *D. flexa*, *D. ararama*, *Rhinoleucophenga brasiliensis* e *Zygothrica orbitalis*.

Dentro do gênero *Drosophila* foram coletadas o mesmo número de espécies (12) para o subgênero *Sophophora* bem como para o subgênero *Drosophila*. Porém, as abundâncias absolutas foram consideravelmente diferentes: 45.309 indivíduos contra 257, respectivamente. Além desta grande diferença das abundâncias, sendo expressiva a presença do subgênero *Sophophora*, 33.816 indivíduos (ou 75% dos 45.309 indivíduos deste

subgênero) foram coletados nos manguezais, contra apenas 11.493, na Floresta Atlântica. Na Floresta Atlântica, por outro lado, a maioria dos indivíduos (190 ou 74%) coletados pertenceu ao subgênero *Drosophila*. Assim, os manguezais de Pernambuco parecem abrigar mais representantes do subgênero *Sophophora*, enquanto que a Floresta Atlântica pode ser considerada bastante diversificada e mais abundante em espécies do subgênero *Drosophila*.

A maioria dos espécimes do subgênero *Sophophora* coletados pertenceu ao grupo *melanogaster* (74% ou 32.998 indivíduos), estando representado pelas seguintes espécies exóticas: *D. simulans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster* e *D. ananassae*.

Dentro do gênero *Drosophila*, outro subgênero registrado foi *Siphodora*, para o qual foi observada apenas uma espécie, *D. flexa*. *Drosophila cardini* (40 indivíduos), foi uma das espécies coletadas apenas nos manguezais, estando ausente nas áreas de Floresta Atlântica. Algumas outras espécies também foram exclusivas dos manguezais, porém bem raras como *D. flexa* (3 indivíduos), *D. canalinea* (1 indivíduo), *D. coffeata* (5 indivíduos) e *D. aff. bromeliae* (2 indivíduos). Destas, *D. canalinea*, que já havia sido registrada no estado do Ceará, Nordeste do Brasil, por Vilela & Da Cunha (2006), é o primeiro registro para o estado de Pernambuco, bem como para os ambientes de manguezais.

Algumas espécies foram coletas unicamente na Floresta Atlântica, como o caso de *D. coroica* (62 indivíduos), *D. cardinoides* (4 indivíduos), *D. neocardini* (85 indivíduos), *D. polymorpha* (10 indivíduos) e *D. camargoi* (7 indivíduos). O gênero *Amiota* apresentou abundâncias consideráveis nos manguezais (322 indivíduos coletados), porém esteve ausente nas áreas de Floresta Atlântica amostradas. A carência de estudos taxonômicos focados no gênero *Amiota* tem dificultado a determinação ao nível de espécie desses exemplares. O grupo *saltans* esteve representado por três espécies: *D. sturtevanti*, *D. prosaltans* e *D. saltans*, sendo este trabalho o primeiro registro de *D. saltans* em manguezais. *Drosophila sturtevanti* foi a espécie mais abundante do grupo *saltans*, tanto nos manguezais quanto nas áreas de Floresta Atlântica estudadas, sendo seguida em representatividade por *D. prosaltans*. Outra espécie frequente no presente estudo foi a *Scaptodrosophila latifasciaeformis*. Os representantes do gênero *Neotanygastrella* (*N. tricoloripes*) foram coletados apenas na Reserva Biológica de Saltinho.



<i>annulimana</i>	<i>D. ararama</i>	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2
<i>tripunctata</i>	Não identificada sp.1	5	1	3	0	2	0	11	6	0	1	0	2	0	9
<i>dreyfusi</i>	<i>D. camargoi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
Gênero <i>Zaprius</i>															
Subgênero <i>Zaprius</i>															
<i>armatus</i>	<i>Z. indianus</i>	29	828	8	201	1.844	0	2.910	0	35	0	0	0	0	35
Gênero <i>Scaptodrosophila</i>															
<i>latifasciaeformis</i>	<i>S. latifasciaeformis</i>	18	59	18	1	70	1	167	0	1	0	0	0	5	6
Gênero <i>Rhinoleucophenga</i>															
	<i>R. sp.A</i>	0	0	0	10	10	1	21	0	0	0	0	0	0	0
	<i>R. fluminensis</i>	14	35	3	11	26	10	99	0	0	1	0	0	0	1
	<i>R. brasiliensis</i>	0	0	0	24	4	0	28	0	0	0	0	0	0	0
Gênero <i>Zygothrica</i>															
Subgênero <i>Zygothrica</i>															
<i>orbitalis</i>	<i>Z. orbitalis</i>	3	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>vittimaculosa</i>	<i>Z. vittimaculosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	4
Gênero <i>Amiota</i>															
Subgênero <i>Amiota</i>															
	<i>Amiota sp.</i>	134	63	50	18	29	28	322	0	0	0	0	0	0	0
Gênero <i>Neotanygastrella</i>															
	<i>N. tricoloripes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	7
Não determinadas															
	sp.8	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	sp.10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	sp.13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	sp.16	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1
	sp.17	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	sp.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	sp.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	sp.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Total		713	1.944	3.793	19.423	9.767	1.804	37.444	3.657	1.814	380	5.798	890	1.956	14.495

A partir da análise comparativa da abundância relativa das espécies mais comuns entre os manguezais e a Floresta Atlântica (obtidos partir dos dados da Tabela 2) foram obtidos resultados bastante contrastantes entre os dois ambientes. Devido à grande heterogeneidade dos valores das abundâncias observadas, as espécies puderam ser classificadas em dois grupos: o das espécies com abundância superior a 1% e o das espécies com abundância inferior a este valor.

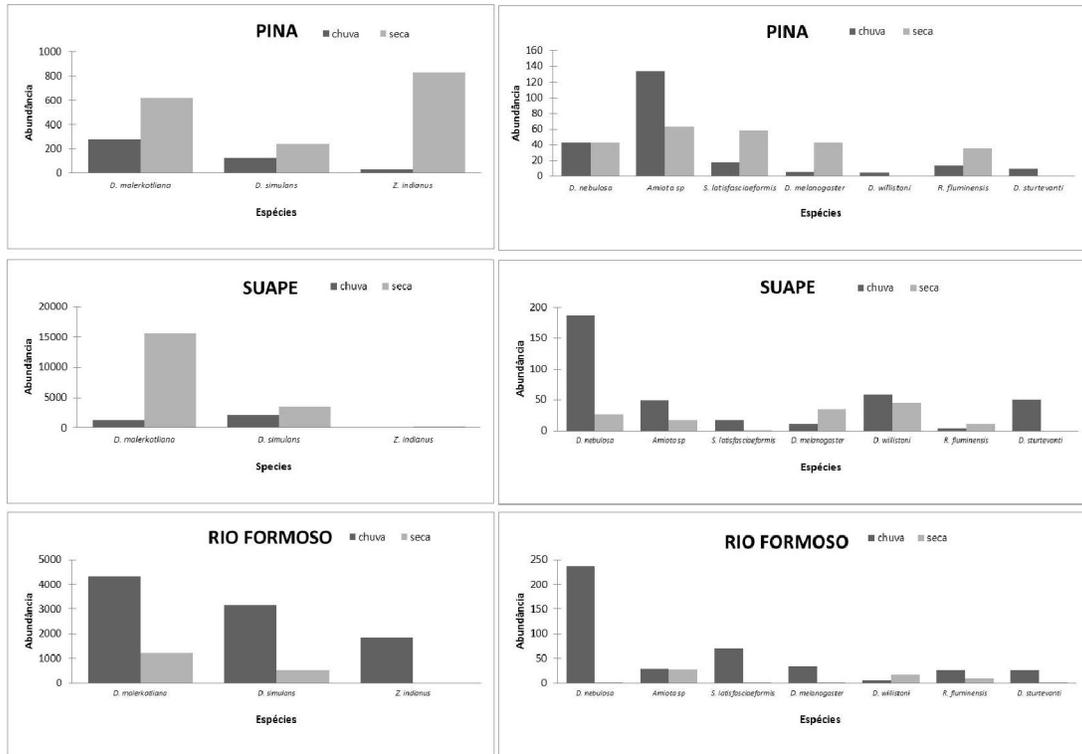
Nos manguezais quatro espécies fizeram parte do primeiro grupo, sendo as três primeiras exóticas: *D. malerkotliana* (62,3%), *D. simulans* (25,4%), *Z. indianus* (7,8%) e *D. nebulosa* (1,4%). Outras 27 espécies ficaram incluídas no segundo grupo (< 1%), sendo *D. willistoni* (0,3%), *D. sturtevantii* (0,2%) e *D. paulistorum* (0,06%) as mais raras. Já na Floresta Atlântica, seis espécies, sendo apenas duas exóticas, fizeram parte do primeiro grupo, na seguinte ordem: *D. malerkotliana* (52,2%), *D. paulistorum* (15,9%), *D. willistoni* (15,8%), *D. nebulosa* (7,2%), *D. sturtevantii* (4,8%) e *D. simulans* (1,7%), sendo, neste caso *Z. indianus* (0,2%) uma espécie rara, juntamente com outras 22 espécies. Especialmente no caso dos manguezais, a distribuição das abundâncias absolutas das diferentes espécies está apresentada na **Figura 3**, onde pode ser observado que uma grande quantidade de espécies foi rara e poucas foram abundantes.



**Figura 3.** Variação da distribuição das abundâncias das espécies para os dados totais dos manguezais de Pernambuco.

Uma comparação da variação das abundâncias absolutas das espécies de drosofilídeos coletadas nos manguezais, por época de coleta (chuva e da seca), é apresentada no gráfico da **Figura 4**. As oscilações nas representatividades (abundâncias absolutas) das 10 espécies mais coletadas nos três manguezais estudados são apresentadas. Na imagem é possível observar as oscilações de representatividade das três espécies mais abundantes (*D. malerkotliana*, *D. simulans* e *Z. indianus*) e das demais sete espécies mais amostradas (*D. nebulosa*, *Amiota* sp., *Scaptodrosophila latifasciaeformis*, *D. melanogaster*, *D. willistoni*, *Rhinoleucophenga fluminensis* e

*D. sturtevantii*). Estas sete espécies apresentaram abundâncias bem inferiores às demais, porém numa faixa de variação semelhante entre elas.



**Figura 4.** Abundância absoluta das dez espécies de drosofilídeos mais amostradas nos três manguezais estudados (Pina, Suape e Rio Formoso), considerando duas épocas (chuva e seca). Nos gráficos à esquerda estão representadas as três espécies mais comuns (*D. malerkotliana*, *D. simulans* e *Z. indianus*) e nos demais gráficos, as abundâncias das outras sete espécies.

A classificação das espécies de drosofilídeos como constantes, acessórias ou acidentais, com base no valor *c* de Dajoz (1983), revelou que nos manguezais grande parte das espécies foram constantes, enquanto que nas áreas de Floresta Atlântica as espécies foram, na sua maior parte, acidentais (**Tabela 3**).

**Tabela 3.** Classificação das espécies de drosofilídeos coletadas em diferentes ambientes de Pernambuco, com base no valor *c* de Dajoz (1983).

Ambiente	Classificação das espécies			Número de espécies
	Constantes ( $C > 50$ )	Acessórias ( $25 \leq C < 50$ )	Acidentais ( $C < 25$ )	
Manguezal	45,1 % (14)	22,5 % (7)	32,2 % (10)	31
Floresta Atlântica	27,6 % (8)	13,8 % (4)	58,6 % (17)	29

Os resultados de diversidade obtidos estão sumarizados na **Tabela 4**. Nesta tabela são observados valores de  $S_{obs}$  para o Manguezal do Pina altos, especialmente quando estes foram padronizados entre outras coletas e transformados com base no número mínimo amostrado em cada ambiente, como nas médias calculadas de  $S_{rar}(711)$ ,  $S_{rar}(371)$  e  $S_{rar}(101)$ , conforme descrito na legenda da Tabela 4. Em todos estes casos, o Manguezal do Pina apresentou os maiores valores, quando comparado aos demais manguezais e também às matas. Além disso, o maior valor de diversidade aconteceu também no Manguezal do Pina ( $H'=1,932$ ), na estação chuvosa. Na **Tabela 4** é possível verificar também que, na maioria dos locais, houve maior abundância de indivíduos nas coletas realizada na estação seca (exceto Rio Formoso e Dois Irmãos). Entretanto, esta maior abundância não reflete maior diversidade, em muitos dos casos.

**Tabela 4.** Diversidade de drosofilídeos em manguezais e matas de Pernambuco, na estação chuvosa e seca (média e desvio padrão).  $S_{obs}$ , número observado de espécies;  $S_{rar}$ , estimativa do número de espécies pelo método de rarefação (para  $n=711$ , entre as coletas realizadas nos manguezais deste estudo;  $n=371$ , em conjunto entre com as coletas realizadas nas matas deste estudo;  $n=101$ , em conjunto com as coletas realizadas nos manguezais de Santa Catarina por Schmitz *et al.*, 2010;  $n=51$  em conjunto com as coletas realizadas nas matas de Santa Catarina, por De Toni *et al.*, 2007).  $Evar$  índice de equitabilidade de Smith-Wilson;  $H'$  índice de heterogeneidade de Shannon-Wiener (base e);  $N$ , número total de indivíduos por coleta realizada.

Local	Época	$S_{obs}$		$S_{rar}$ (711)		$S_{rar}$ (371)		$S_{rar}$ (101)		$S_{rar}$ (51)		$Evar$	$H'$	$N$
			Média Sobs		Média Srar (711)		Média Srar (371)		Média Srar (101)		Média Srar (101)			
<b>Manguezais</b>														
PINA	chuva	22	18,5 ± 4,95	21,99	16,84	19,53	14,85	13,6	10,91	-	-	0,239	1,932	713
	seca	15		11,70		10,17		8,23		-	-	0,116	1,491	1.944
SUAPE	chuva	20	18,5 ± 2,12	13,68	10,71	11,17	08,56	7,11	05,36	-	-	0,135	1,149	3.793
	seca	17		07,75		5,96		3,61		-	-	0,091	0,597	19.423
RIO FORMOSO	chuva	18	15,5 ± 3,53	11,22	10,61	9,22	08,72	5,96	05,51	-	-	0,099	1,271	9.767
	seca	13		10,01		8,23		5,06		-	-	0,129	0,841	1.804
<b>Total</b>														<b>37.444</b>
<b>Floresta Atlântica</b>														
DOIS IRMÃOS	chuva	14	12 ± 2,83	-	-	8,70	08,41	6,40	6,40	5,56	5,45	0,101	1,408	3.657
	seca	10		-	-	8,12		6,35		5,35		0,132	1,204	1.814
ZUMBI	chuva	14	12 ± 2,83	-	-	13,86	09,33	8,58	5,76	7,04	9,40	0,179	1,603	380
	seca	10		-	-	4,81		2,95		2,36		0,102	0,229	5.798
SALTINHO	chuva	14	13,5 ± 0,71	-	-	13,10	10,64	9,77	7,66	7,95	6,20	0,228	1,687	890
	seca	13		-	-	8,18		5,56		4,45		0,118	1,024	1.956
<b>Total</b>														<b>14.495</b>

A **Tabela 5** mostra a partição da diversidade para dois componentes (espacial e temporal) para os ambientes de manguezal e de Floresta Atlântica. Os resultados indicam que 9,06% da

diversidade total encontrada nos manguezais ( $H'=1,082$ ) vêm das diferenças entre os locais amostrados (componente espacial), que 6% vêm das diferenças entre as épocas de chuva e seca (componente temporal), e que a maior parte das diferenças permanece desconhecida (84,94%). Por outro lado, a diversidade total encontrada nas matas foi menor do que nos manguezais ( $H'=1,47$ ), porém o componente espacial (locais) explicou 22,9% da diversidade e o componente temporal (épocas) explicou 27,22%.

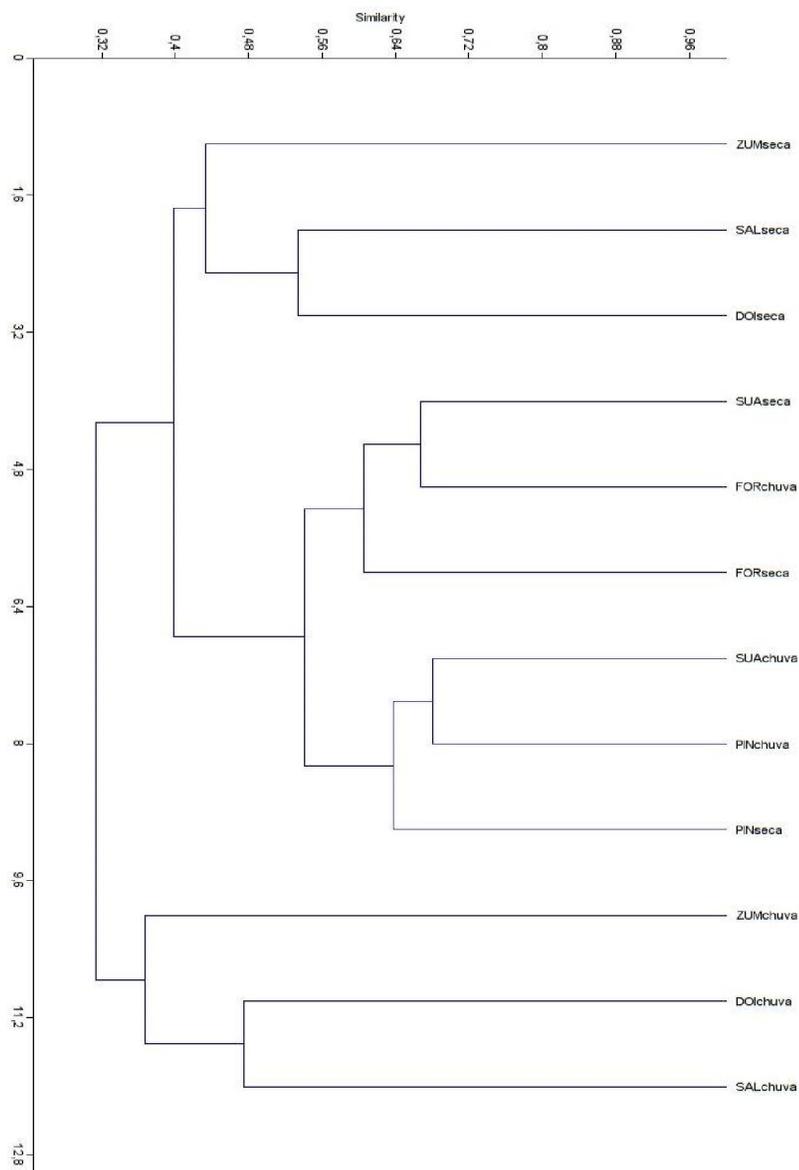
**Tabela 5.** Análise da partição da diversidade para o componente espacial (locais) e temporal (épocas de coleta), entre os ambientes de manguezal e entre os de Floresta Atlântica de Pernambuco.

Diferenças observadas	Contribuição da diversidade			
	Manguezal		Floresta Atlântica	
	$H'$	% total	$H'$	% total
Entre os Locais	0,098	9,06	0,337	22,9
Entre as Épocas	0,065	6,00	0,400	27,22
Não explicadas	0,919	84,94	0,733	49,88
Total	1,082	100,00	1,470	100,00

A fim de comparar os três manguezais quanto à variável quantitativa cobertura vegetal, obtida através do NDVI dos quadrantes que compõem as áreas geográficas de interesse, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. A hipótese de que existe similaridade de cobertura vegetal entre os manguezais foi rejeitada somente para Suape ( $H_c=45,53$ ,  $p<0.001$ ), que apresentou significativa menor cobertura vegetal quando comparado com o Pina ( $U=1,63 \times 10^{-5}$ ,  $p<0.05$ ) e com Rio Formoso ( $U=7,41 \times 10^{-9}$ ,  $p<0.05$ ).

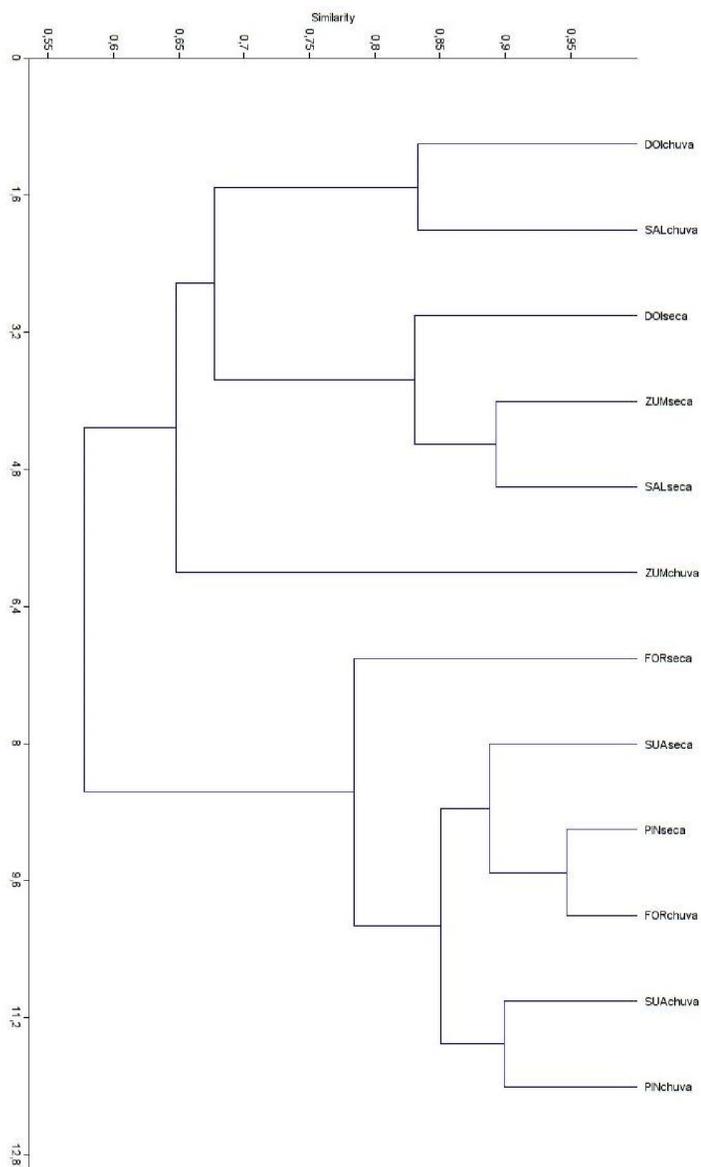
Por outro lado, uma análise das condições abióticas mensais dos manguezais estudados, relacionados à precipitação, temperatura média, máxima e mínima revelam que o Manguezal do Pina apresenta temperaturas semelhantes aos demais manguezais, porém maiores níveis de precipitação. Os dados anuais e mensais referentes a estas medidas podem ser visualizados no **Apêndice I** (Tabela 1 e Figuras 1-3), deste trabalho.

Por fim, a partir dos dados de abundância da Tabela 2, foram gerados dois dendrogramas de similaridade entre os locais e épocas amostradas, nos manguezais e matas, em conjunto. A **Figura 5** apresenta o dendrograma baseado no índice de Jaccard (Krebs, 1999) e a **Figura 6** apresenta o dendrograma baseado no índice de Morisita (Krebs, 1999).



**Figura 5.** Dendrograma mostrando a similaridade de espécies (índice de Jaccard) entre os diferentes locais de manguezal (PIN=Pina, SUA=Suape, FOR=Rio Formoso) e de Floresta Atlântica (DOI=Dois Irmãos, ZUM=Zumbi, SAL=Saltinho), nas coletas realizadas na época da chuva e seca.

No dendrograma apresentado na **Figura 5**, se formaram três agrupamentos principais, um grupo das coletas das matas na seca, um grupo das matas nas chuvas e um grupo maior, incluindo todas as amostras dos manguezais (chuva e seca).



**Figura 6.** Dendrograma mostrando a similaridade de espécies (índice de Morisita) entre os diferentes locais de manguezal (PIN=Pina, SUA=Suape, FOR=Rio Formoso) e de Floresta Atlântica (DOI=Dois Irmãos, ZUM=Zumbi, SAL=Saltinho), nas coletas realizadas na época da chuva e seca.

No caso do dendrograma apresentado na **Figura 6**, se formaram dois grupos principais: um grupo que reuniu todas as coletas realizadas nos manguezais (Pina, Suape e Rio Formoso) e outro grupo com as coletas feitas nas matas (Dois Irmãos, Zumbi e Saltinho).

## DISCUSSÃO

Nos ecossistemas de manguezal deste estudo foram coletados 37.444 indivíduos da família Drosophilidae, enquanto nos ambientes de Floresta Atlântica foram, 11.740, entre os anos de 2008 e 2010, em um total de 12 eventos de coleta. Das 31 diferentes espécies registradas nos manguezais estudados, 10 espécies foram coletadas apenas uma vez (*D. equinoxialis*, *D. saltans*, *D. aff. bromeliae*, *D. canalinea*, *D. coffeata* e outras 5 espécies não determinadas). Além destas, outras cinco espécies foram coletadas apenas em dois locais (*D. flexa*, *D. ararama*, *Rhinoleucophenga brasiliensis* e *Zygothrica orbitalis*).

Dois novos registros de espécies são aqui apresentados para Pernambuco, *Rhinoleucophenga brasiliensis* e *Drosophila canalinea*, sendo um terceiro registro, *D. aff. bromeliae*, uma espécie ainda não descrita por H.J. Schmitz (Schmitz, 2010). As nove espécies mais coletadas entre todos os ambientes aqui estudados (*D. simulans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. ananassae*, *D. nebulosa*, *D. willistoni*, *D. paulistorum*, *D. sturtevanti* e *D. prosaltans*) são também espécies de ampla distribuição nos biomas brasileiros (revisão de Chaves & Tidon, 2008; Gottschalk *et al.*, 2008), incluindo os manguezais (Schmitz *et al.*, 2007).

*Drosophila cardini* (40 indivíduos), espécie adaptada a ambientes mais secos segundo Vilela *et al.* (2002) foi uma das espécies coletadas apenas nos manguezais e não nas matas deste estudo. Por outro lado, *D. cardinoides*, *D. neocardini* e *D. polymorpha*, pertencentes ao grupo *cardini*, não foram coletadas nos manguezais, e sim nas matas. Algumas outras espécies também foram exclusivas dos manguezais, porém bem raras como *D. flexa* (3 indivíduos), *D. canalinea* (1 indivíduo), *D. coffeata* (5 indivíduos) e *D. aff. bromeliae* (2 indivíduos). Destas, *D. canalinea*, que já havia sido descrita no estado do Ceará, Nordeste do Brasil, por Vilela & Da Cunha (2006), é o primeiro registro para o estado de Pernambuco e para áreas de manguezal.

Quanto ao gênero *Zygothrica*, Schmitz *et al.* (2007) encontraram ambas espécies (*Z. orbitalis* e *Z. vittamaculosa*) nos manguezais de Santa Catarina, além de outras duas espécies do gênero. De acordo com estes autores, espécies do gênero *Zygothrica* têm pouca preferência por iscas de banana, e preferem colonizar fungos (Grimaldi, 1987). Por outro lado, Schmitz *et al.*, (2007) não registraram espécies do gênero *Rhinoleucophenga* nos manguezais do sul do Brasil, tampouco Chaves & Tidon (2008) relatam a ocorrência de *R. fluminensis* ou *R. brasiliensis* entre as 100 espécies já descritas para a região do Cerrado, no Brasil Central. Culik & Ventura (2009) relatam que algumas espécies do gênero *Rhinoleucophenga*, como *R. capixabensis*, podem ser predadores naturais de insetos de importância econômica, como a cochonilha, o que torna ainda mais interessante um estudo aprofundado da distribuição este gênero no Brasil.

Dentro do gênero *Drosophila* chama a atenção o fato de terem sido coletadas o mesmo número de espécies (12) tanto no subgênero *Sophophora* e no subgênero *Drosophila*. Porém, foram 45.309 indivíduos contra 257, respectivamente. Além desta grande diferença das

abundâncias, sendo expressiva a presença do subgênero *Sophophora*, 33.816 indivíduos (ou 75% dos 45.309 indivíduos deste subgênero) foram coletados nos manguezais, contra apenas 11.493, na Floresta Atlântica. Por outro lado, a maioria dos indivíduos (190 ou 74%) coletados nos ambientes de Floresta Atlântica foi classificada dentro do subgênero *Drosophila*. Assim, os manguezais de Pernambuco parecem ser redutos de indivíduos e espécies do gênero *Drosophila*, subgênero *Sophophora*, enquanto que a Floresta Atlântica pode ser considerada bastante diversificada e mais abundante em espécies do subgênero *Drosophila*. Além disso, a maioria dos espécimes do subgênero *Sophophora* pertence ao grupo *melanogaster* (74% ou 32.998 indivíduos), composto exclusivamente por espécies exóticas (*D. simulans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster* e *D. ananassae*) com ocorrência em Pernambuco, Brasil. Entre os demais subgêneros do gênero *Drosophila*, foi registrado também *Siphlodora*, com apenas uma espécie (*Drosophila flexa*).

Neste e em outros trabalhos do nosso grupo, as espécies crípticas do subgrupo *willistoni* têm sido cuidadosamente identificadas até o nível de espécie. Silva (2010) foi a primeira a caracterizar duas das espécies, *D. willistoni* e *D. paulistorum*, como amplamente distribuídas no estado de Pernambuco, tanto nos ambientes mais áridos da Caatinga, como na Floresta Atlântica, reconhecidamente seu ambiente de preferência, aonde a abundância relativa da primeira chegou a 50%, e da segunda, a 40% do total coletado. Por outro lado, Schmitz *et al.*, (2007) foi o primeiro a identificar *D. willistoni* e *D. paulistorum* ocupando também os ambientes de manguezal, no estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Em nosso estudo foi possível identificar a presença destas duas espécies nos manguezais, e também uma terceira espécie críptica, *D. equinoxialis*, conforme recente publicação de nosso grupo (Rohde *et al.*, 2010). Estes resultados desmistificam a ideia de que *D. willistoni* é uma espécie restrita às matas. De fato, ela parece ser uma espécie altamente adaptável, colonizadora e capaz de explorar novos e diversificados ambientes como a Caatinga (Silva, 2010), os manguezais (Schmitz *et al.*, 2007) e ambientes urbanos (Garcia *et al.*, 2008). Dentre as outras espécies pertencentes ao grupo *willistoni*, dentro do subgrupo *bocainensis*, foi possível identificar apenas *D. nebulosa* nos manguezais, já que *D. fumipennis* foi apenas coletada na Floresta Atlântica, e em baixa abundância (6 indivíduos). Schmitz *et al.* (2007), por sua vez, relataram a presença tanto de *D. fumipennis* quanto de *D. capricorni* nos manguezais do sul do Brasil, ambas pertencentes ao grupo *willistoni*. Além da ocorrência de três espécies do subgrupo *willistoni* nos manguezais, vale ressaltar que suas abundâncias foram baixas, se compararmos este ambiente com os de Floresta Atlântica investigados. Ali, *D. paulistorum* foi a segunda espécie mais abundante (15,9%), seguida por *D. willistoni* (15,8%), e por *D. nebulosa* (7,2%), que pertence ao subgrupo *bocainensis*. Juntas, estas espécies representaram 39% do total coletado nos três ambientes de Floresta Atlântica investigados.

Uma análise dos nossos resultados, quanto à abundância de drosofilídeos nas diferentes épocas de coleta, indica abundâncias superiores na época da seca em relação à época da chuva.

De acordo com os dados da **Tabela 2**, foram amostrados 23.171 indivíduos na época seca nos manguezais, contra 14.273, coletados na época da chuva. Nos ambientes de Floresta Atlântica, foram 9.568 drosofilídeos coletados na seca, contra 4.927 coletadas na chuva. Estes resultados, por um lado, contrastam com os descritos por Mata *et al.* (2008) para a região do Vale do Paranã, no Cerrado brasileiro, onde foram coletados 2.275 drosofilídeos na época da seca e 10.022 na época chuva, nos mesmos locais. Os resultados poderiam ser explicados pelo fato de a estação seca no Cerrado ser estressante aos drosofilídeos, pela seca, calor e elevada radiação solar, além da diminuição de recursos, enquanto que a estação seca não seria tão estressante aqui em Pernambuco devido à diferença vegetacional, que possivelmente mantém recursos para as moscas ainda no período seco. Por outro lado, nossos resultados da diversidade das espécies nos manguezais (medida pelo índice  $H'$ ), estimada por época e local, resultaram em valores superiores sempre na época das chuvas, em todos os locais amostrados (manguezal e Floresta Atlântica), conforme **Tabela 4**. Neste aspecto, nossos resultados foram diferentes daqueles observados em outro estudo realizado em dois ecossistemas no Cerrado (Tidon, 2006) no qual foi observada maior diversidade de drosofilídeos na estação da seca. Entre nossos resultados, chama a atenção o caso do Manguezal do Pina, local onde foram registradas 22 diferentes espécies e um índice  $H'=1,9$  com apenas 713 indivíduos coletados. As justificativas para estes achados dependem de mais estudos, especialmente aqueles com maior número de eventos amostrais.

Tanto o componente espacial (locais) quanto o temporal (épocas de coleta) da diversidade dos locais amostrados, mostraram baixa contribuição à diversidade total observada nos manguezais como um todo, que foi de 1,082 (total). Assim, grande parte da diversidade observada neste estudo não pode ser explicada nem pelas diferenças de local amostrado (Pina, Suape e Rio Formoso) nem pela época em que a coleta foi realizada (período da chuva ou da seca). Segundo já relatado por Schmitz *et al.* (2010), os resultados de baixa contribuição do componente espacial para a diversidade no manguezal indicam que estes são homogêneos entre si. Por outro lado, Schmitz *et al.* (2010) definiram uma importância maior (cerca de 12%) para o critério estações do ano. De fato, é possível considerar que as quatro diferentes estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) exerçam pressão diferencial sobre a diversidade de espécies, especialmente nos manguezais do estado de Santa Catarina, localizados no limite sul da distribuição atlântica dos manguezais (Woodroffe & Grindo, 1991) e onde as temperaturas médias mensais variam muito entre as estações. Conforme dados climatológicos obtidos para três municípios de Pernambuco (**Apêndice I**) as temperaturas variam pouco entre os locais de manguezal amostrados e entre os diferentes meses do ano, o que já não é o caso da precipitação, que tem clara variação entre duas épocas bem distintas (chuvosa e seca).

Já no estudo dos ambientes de Floresta Atlântica, houve semelhante contribuição dos dois componentes aqui avaliados (local e época da coleta) para a diversidade total observada que foi

de 1,470. Uma parte da diversidade (49,88%) ainda não pode ser explicada, o que é bem menos do que o observado nos manguezais. Este é o mesmo padrão encontrado nas assembléias de drosofilídeos do sul do Brasil, já que uma parte relativamente maior da diversidade permanece não explicada nos manguezais (Schmitz *et al.*, 2009) em comparação com a Floresta Atlântica (De Toni *et al.*, 2007), em localidades próximas em Santa Catarina. Isto mostra que, a despeito da localização geográfica, as assembléias de drosofilídeos dos manguezais apresentam uma imprevisibilidade bem maior do que aquelas na Floresta Atlântica, sendo mais influenciada, talvez, por fatores ocasionais e não cíclicos. Outros componentes permanecem desconhecidos, mas podem, no futuro, serem investigados, como a variação mensal e anual, ou as variações temporárias não cíclicas. Benado & Brncic (1994) registraram baixa contribuição (5,15%) do componente ano na diversidade de comunidades de drosofilídeos do Chile. Entretanto, registraram também forte contribuição dos componentes mês (31,62%), e estação (23,53%), componentes estes ainda não avaliados nos manguezais do Nordeste do Brasil.

Uma comparação conjunta de todas as 12 amostragens realizadas quanto ao grau de similaridade resultou em dois dendrogramas que indicam, em ambas análises (Jaccard e Morisita) um agrupamento maior dos manguezais entre si. Isso indica que estes ambientes têm uma assembleia de drosofilídeos característica, e que difere das matas. A similaridade entre as amostras dos manguezais foi maior do que a similaridade entre as amostras das matas. Além da homogeneidade maior dos manguezais, visualizada nos dendrogramas das **Figuras 5 e 6**, as amostras de chuva e seca se aproximaram mais do que nas matas, cuja diferença é mais marcante. Estes resultados destoam da primeira hipótese deste trabalho, uma vez que os manguezais de Pernambuco são ambientes que apresentam alta similaridade entre si. Foram mais similares do que as matas. Esse dado pode estar relacionado à igualdade de condições entre os manguezais, pois são ambientes constantemente alagados, com vegetação própria, o que faz desses ecossistemas ambientes com características únicas.

De acordo com Crooks *et al.* (2011) cada ecossistema varia muito em seu grau de invasão por espécies exóticas e ainda é muito difícil isolar os mecanismos que influenciam o sucesso das invasoras. Uma das observações é que ambientes poluídos ou fisicamente perturbados irão acumular mais espécies invasoras do que os ambientes menos impactados (Crooks *et al.*, 2011). Esse é o caso dos locais abertos junto às estradas, que têm mais espécies exóticas do que a vegetação intacta ao longo das vias (Tyser & Worley, 1992; Gelbard & Belnap, 2003) e em zonas de floresta tropical, onde plantas invasoras estão positivamente correlacionadas com distúrbios causados pelo homem (Fine, 2002). A mediação humana da dispersão de organismos entre os habitats da Terra, frequentemente leva a uma grande alteração na estrutura da função ecológica das comunidades locais (Mack *et al.*, 2000), podendo causar mudanças ecológicas tão dramáticas como as extinções (Elton, 2000). E entre os fatores que tornariam uma comunidade vulnerável a eventos de invasão, segundo Elton (1958), está o fato de ela apresentar baixo número de

espécies. Considerando que o Manguezal do Pina está inserido em uma das maiores áreas urbanas do Brasil, a cidade do Recife, seria esperado que neste local fosse encontrado baixo número de espécies e também reduzida diversidade. Entretanto, os resultados aqui apresentados para o Manguezal do Pina, reforçados pelos resultados das análises feitas nos demais manguezais e em área de matas, não estão de acordo com estas estimativas. Portanto, neste primeiro estudo dos manguezais do Nordeste do Brasil, nossa segunda hipótese de que o Pina seria um ambiente mais pobre em diversidade, está rejeitada. Além disso, Pina também não é um ambiente com menor cobertura vegetal, de acordo com as análises do NDVI feitas aqui. Segundo Harper (1965), ambientes perturbados poderiam também promover uma rápida proliferação e capacidade invasiva de espécies recentemente introduzidas, ou seja, espécies não nativas. Em nosso estudo, este foi o caso da espécie *Zaprionus indianus*, cuja frequência relativa foi superior no Pina (32,2%). Esta espécie invadiu o Brasil há pouco mais de dez anos (Vilela, 1999) e desde 2000 coloniza o estado de Pernambuco (Santos *et al.*, 2003) e, provavelmente a menos tempo, coloniza também a ilha oceânica de Fernando de Noronha (Oliveira *et al.*, 2009).

O presente estudo evidencia mais uma vez que o manguezal é um ambiente altamente vulnerável à invasão por espécies exóticas de drosofilídeos, mesmo aqueles em estado de conservação adequado, como já observado por Schmitz *et al.* (2007, 2010) em Santa Catarina. No entanto, novamente mostra, como aqueles estudos, que em um manguezal urbano (como o Pina, em Pernambuco, e o Itacorubi, em Santa Catarina) ainda é possível se observar uma diversidade, pelo menos equivalente a manguezais mais bem preservados, incluindo muitas espécies da fauna nativa, o que reforça a necessidade de manutenção destes espaços naturais dentro das regiões urbanas.

Por hora, este estudo reforça a ideia da importância da área do manguezal do Pina para a manutenção da diversidade, apresentada aqui através do inventário de espécies da família Drosophilidae e das medidas de diversidade calculadas. Este trabalho também contribui para o aumento da lista de espécies de drosofilídeos presentes não só nos manguezais brasileiros, mas também da região Nordeste do Brasil. Além disso, é preciso considerar que o número de espécies aqui apresentado pode ainda significar uma subestimativa, uma vez que foram realizadas apenas duas amostragens em cada local. Novos estudos, com novos delineamentos experimentais, poderão esclarecer ainda mais sobre os registros de diversidades encontradas no Pina e nos demais manguezais, e a relação com as condições abióticas e com a ocorrência, distribuição e sucesso das espécies de drosofilídeos.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Centro Acadêmico de Vitória (CAV) da UFPE. Os autores agradecem aos colegas colaboradores do Laboratório de Genética do CAV-UFPE pela valiosa ajuda nos procedimentos de coleta.

## REFERÊNCIAS

- Andrade G.O., Lins R.C.** 1971. Os Climas do Nordeste. In: Vasconcelos S.J., ed. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. Recife: CONDEPE, 95-18.
- Bächli G.** 2011. TaxoDros: The database on taxonomy of Drosophilidae. Consultado em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://taxodros.unizh.ch/>.
- Bächli G., Vilela C.R., Escher A.S., Saura, A.** 2004. The Drosophilidae (Diptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica* **39**: 1-362.
- Benado M., D. Brncic.** 1994. An eight year phenological study of a local drosophilid community in Central Chile. *Zeitschrift für Zoologische Systematik und Evolutionsforschung* **32**: 51-63.
- Braga R.A.P., Moura H.F., Duarte M.T.** 1989. Impactos ambientais sobre a estrutura do manguezal de Suape. In: *Projeto Avaliação de Impactos Ambientais em Zonas Estuarinas de Pernambuco*. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Biologia Geral. Laboratório de Ecologia. Recife, 32-42.
- Breuer M.E., Pavan C.** 1950. Genitália masculina de *Drosophila* (Diptera): Grupo *annulimana*. *Revista Brasileira de Biologia* **10**: 469-488.
- Cabral W.B.M.** 2010. Variação temporal na abundância e na diversidade de Drosophilidae (Diptera, Insecta) em um Brejo de Altitude no município de Pernambuco. Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco.
- Chaves N.B., Tidon R.** 2008. Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) of the Brazilian savana. *Revista Brasileira de Entomologia* **52**(3): 340-348.
- Costa Lima A.** 1950. Duas espécies de *Gitona* predadoras de coccídeos do gênero *Orthezia* (Diptera: Drosophilidae). *Arthropoda* **1**(3/4): 247-253.
- Costanza R., d'Arge R., Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**: 253-260.
- Crooks J.A., Chang A.L., Ruiz G.M.** 2011. Aquatic pollution increases the relative success of invasive species. *Biological Invasions* **13**: 165-176.
- Culik M.P., Ventura J.A.** 2009. New species of *Rhinoleucophenga*, a potential predator of pineapple mealybugs. *Pesq. Agropec. Bras.*, **44**(4): 417-420.
- Dajoz, R.** 1983. *Ecologia geral*. Petrópolis: Editora Vozes.
- De Toni D.C., Gottschalk M.S., Cordeiro J., Hofmann P.P.R., Valente V.L.S.** 2007. Study of the Drosophilidae (Diptera) communities on Atlantic Forest islands of Santa Catarina state, Brazil. *Neotropical Entomology* **36**(3): 256-375.
- Elton C.S.** 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen.

- Elton C.S.** 2000. *The ecology of invasions by animals and plants*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Fine P.V.A.** 2002. The invasibility of tropical forests by exotic plants. *Journal of Tropical Ecology* **18**: 687-705.
- Garcia A.C.L., Rohde C., Audino G.F., Valente V.L.S., Valiati V.H.** 2006. Identification of the sibling species of the *Drosophila willistoni* subgroup through electrophoretic mobility of acid phosphatase-1. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* **44**: 212-216.
- Gelbard J.L., Belnap J.** 2003. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape. *Conservation Biology* **17**: 420-432.
- Google.** 2011. Imagens de satélite. Consultado em 12/2011. Disponível em: <http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-br&tab=wl>
- Gottschalk M.S., Hofmann P.R.P., Valente V.L.S.** 2008. Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brazil. *Check List* **4**: 485-518.
- Grimaldi D.A.** 1990. A phylogenetic, revised classification of genera in the Drosophilidae (Diptera). *Bulletin of the American Museum of Natural History* **197**: 103-268.
- Grimaldi, D.A.** 1987. Phylogenetics and taxonomy of *Zygothrica* (Diptera: Drosophilidae). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* **186**: 103-268.
- Harper J.L.** 1965. Establishment, aggression and cohabitation. In: Baker HG, Stebbins GL (eds) *The genetics of colonizing species*. Academic Press, New York, pp 243-265
- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D.** 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**: 1-9. Acessado em: 12/2010. Disponível em: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- Köppen W.** 1948. *Climatologia: Con un studio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Krebs C. J.** 1999. *Ecological methodology*. Menlo Park: Addison Wesley Longman.
- Lacerda L.D.** 2005. Brazil case study. In: *Principles for a code of conduct for the management and sustainable use of mangrove ecosystems*. Aahruus: ISME/WB/CENTER, 31-35.
- Lacerda L.D., Maia L.P., Monteiro L.H.U., Souza, G.M., Bezerra L.J.C., Menezes M.O.T.** 2006. Manguezais do Nordeste. *Ciência Hoje* **39**(229): 24-29.
- LAMEPE/ITEP.** 2011. Base de dados climatológicos para o estado de Pernambuco, Brasil. Consultado em 01/2011. Disponível em: <http://www.itep.br/meteorologia>.
- Mack R.N, Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M., Bazzaz F.A.** 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* **10**: 689-710.
- Malogolowkin C.** 1952. Sobre a genitália dos "Drosophilidae" (Diptera). III. Grupo *willistoni* do gênero *Drosophila*. *Revista Brasileira de Biologia* **12**: 79-96.
- Manfrin M.H., Sene F.M.** 2006. Cactophilic *Drosophila* in South America: A model for evolutionary studies. *Genetica* **126**: 57-75.
- Mcaleece N., Lamshead P.J.D., Paterson G.L.J., Gage J.D.** 1997. BioDiversity Professional version 2. Disponível em: <http://www.sams.ac.uk/activities/downloads/downloads.htm>.
- Odum W.E., Heald E.J.** 1975. The detritus-based food web of an estuarine mangrove community. In: Cronin LE, ed. *Estuarine research*. New York: Academic Press, 265-286.
- Odum W.E., Mclvor C.C., Smith T.J.III.** 1982. The ecology of the mangroves of South Florida: a community profile. FWS/OBS-81/24. US Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, DC.

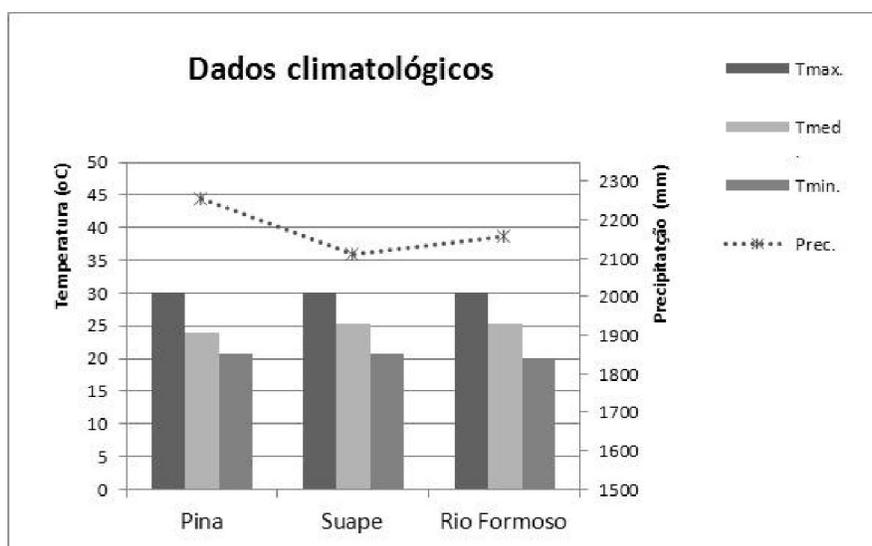
- Oliveira G.F., Melo K.P.S., Garcia A.C.L., Rohde C.** 2009. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an Oceanic Island of Pernambuco State, Brazil. *Drosophila Information Service* **92**: 18-20.
- Peel M.C., Finlayson B.L., McMahon T.A.** 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* **11**: 1633–1644.
- Ponzoni F.J., Shimabukuro Y.E.** 2007. *Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação*. 1.ed. São José dos Campos: Parêntese.
- Rohde C, Monteiro A.G.F., Cabral W.B.M., Silva D.M.I., Oliveira G.F.O., Montes M.A., Garcia A.C.L.** 2010. The importance of identification of the *willistoni* subgroup of *Drosophila* at the species level: the first evidence of *D. equinoxialis* in the Northeast region of Brazil. *Drosophila Information Service* **93** (in press).
- Santos J.F., Rieger T.T., Campos S.R.C., Nascimento A.C.C., Félix P.T., Silva S.V.O., Freitas F.M.R.** 2003. Colonization Northeast Region of Brazil by the drosophilid flies *Drosophila malerkotliana* and *Zaprionus indianus*, a new potential insect pest for Brazilian fruitculture. *Drosophila Information Service* **86**: 92-95.
- Schmitz H.J., Valente V.L.S., Hofmann P.R.P.** 2007. Taxonomic survey of Drosophilidae (Diptera) from mangrove forests of Santa Catarina Island, southern Brazil. *Neotropical Entomology* **36**: 53-64.
- Schmitz H.J.** 2010. Genética, ecologia e evolução de drosofilídeos (Insecta, Diptera) associados a flores. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Schmitz H.J., Hofmann P.R.P., Valente V.L.S.** 2010. Assemblages of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) in mangrove forests: community ecology and species diversity. *Iheringia, Série Zoologia* **100**(2): 133-140.
- Schmitz H.J., Gottschalk M.S., Valente V.L.S.** 2009. *Rhinoleucophenga joaquina* sp. nov. (Diptera: Drosophilidae) from the Neotropical region. *Neotropical Entomology* **38**(6): 786-790.
- Silva D.M.I.O.** 2010. Levantamento taxonômico da fauna de Drosophilidae em ambientes de Floresta Atlântica e Caatinga do estado de Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco, 90p.
- Tidon R.** 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biological Journal of the Linnean Society* **87**: 233-247.
- Tidon R., Sene F.M.** 1988. A trap that retains and keeps *Drosophila* alive. *Drosophila Information Service* **67**: 89.
- Tyser R.W., Worley C.A.** 1992. Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National-Park, Montana (USA). *Conservation Biology* **6**: 253-262.
- Val F.C.** 1982. The male genitalia of some Neotropical *Drosophila*: Notes and illustrations. *Papéis Avulsos de Zoologia*. **34**: 309-347.
- Valiela I., Bowen J.L., York J.K.** 2001. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. *BioScience* **51**: 807-815.
- Vilela C.R.** 1983. A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia* **27**: 1-114.
- Vilela C.R.** 1999. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region? *Drosophila Information Service* **82**: 37–38.
- Vilela C.R., Bächli G.** 1990. Taxonomic studies on Neotropical species of seven genera of Drosophilidae (Diptera). *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* **63**: 1-332.
- Vilela, C.R., Cunha A.B.** 2006. On Marta Breuer and some of her unpublished drawings of *Drosophila* spp. male terminalia (Diptera, Drosophilidae). *Genetics and Molecular Biology* **29**: 580-587.

- Vilela C.R., Silva A.F.G., Sene F.M.** 2002. Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. III. The *cardini* group. *Revista Brasileira de Entomologia* **46**: 139-148.
- Vilela C.R., Val, F.C.** 1985. The male genitalia of six members of the *Drosophila tripunctata* species group (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia* **29**(3/4): 503-514.
- Wheeler M.R.** 1952. The Drosophilidae of the Nearctic region, exclusive of the genus *Drosophila*. *University Texas Publications* **5204**: 162-218.
- Wheeler M.R.** 1986. Additions to the catalog of the World's Drosophilidae. In: Ashburner, M. et al., ed. *The genetics and biology of Drosophila*. London: Academic Press, 395-409.
- Wolda H.** 1981. Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia* **50**: 296-302.
- Woodroffe C.D., Grindrod J.** 1991. Mangrove biogeography: the role of quaternary environmental and sea-level change. *Journal of Biogeography* **18**: 479-492.

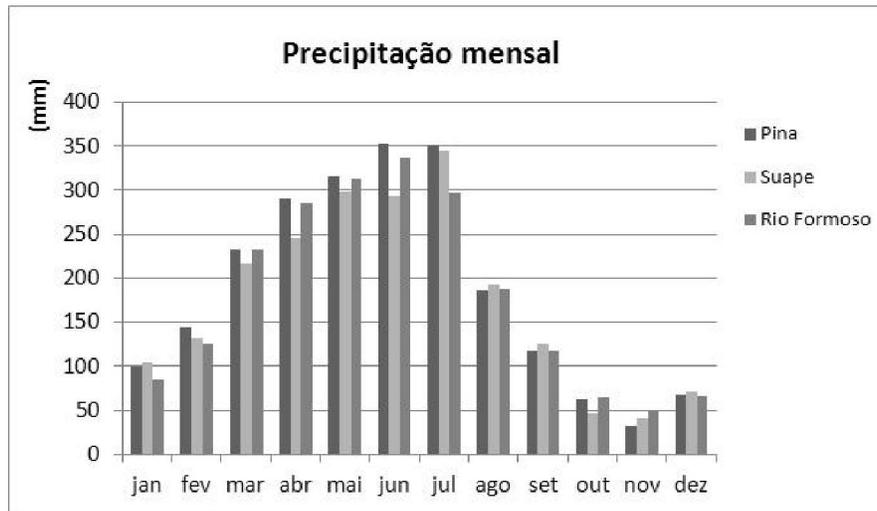
## Apêndice I

**Tabela 1.** Dados climatológicos do município de Recife, onde está localizado o manguezal do Pina, de Cabo de Santo Agostinho, onde se encontra o manguezal de Suape e de Tamandaré onde está situado o manguezal do Rio Formoso. Os dados apresentados para cada mês se referem às médias históricas das temperaturas (Tmed.), das temperaturas máximas (Tmax.) e das temperaturas mínimas (Tmin.). Também são apresentadas médias históricas das precipitações, em milímetro (mm) para cada mês. Os dados foram obtidos através do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), vinculado ao Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) (<http://www.itep.br/meteorologia>).

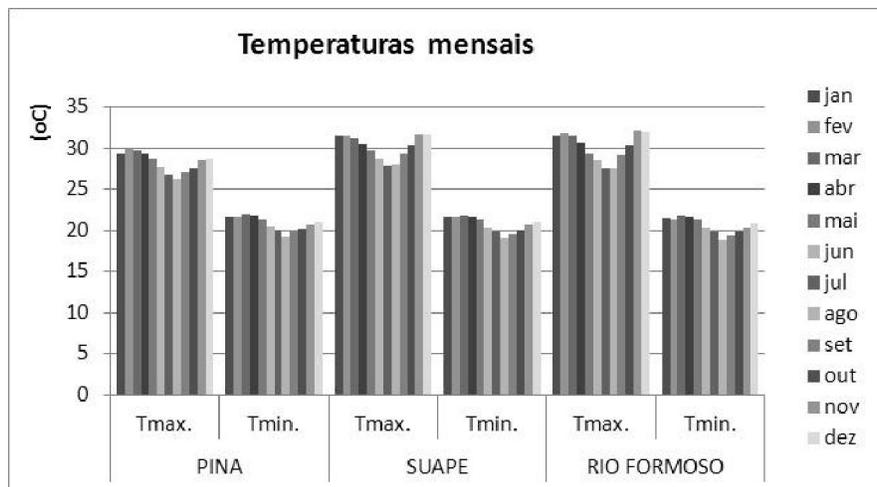
meses	PINA				SUAPE				RIO FORMOSO			
	Tmax. (°C)	Tmed. (°C)	Tmin. (°C)	Precip. (mm)	Tmax. (°C)	Tmed. (°C)	Tmin. (°C)	Precip. (mm)	Tmax. (°C)	Tmed. (°C)	Tmin. (°C)	Precip. (mm)
jan	29,3	25	21,7	99	31,4	26,5	21,6	105	31,5	26,6	21,5	86
fev	29,9	25,4	21,7	144	31,5	26,5	21,6	131	31,8	26,6	21,4	126
mar	29,7	25,5	22	233	31,1	26,3	21,9	217	31,4	26,6	21,8	232
abr	29,3	24,9	21,8	291	30,5	25,9	21,7	245	30,6	26,1	21,7	285
mai	28,7	24	21,4	316	29,6	25	21,3	298	29,4	25	21,4	312
jun	27,7	22,9	20,5	352	28,7	24	20,4	294	28,5	24	20,4	336
jul	26,7	21,9	20	351	27,9	23,3	19,9	344	27,5	23,2	19,9	297
ago	26,2	21,8	19,2	186	28,1	23,5	19	192	27,6	23,3	18,8	188
set	27	22,4	19,8	118	29,4	24,3	19,6	125	29,2	24,1	19,4	117
out	27,6	23,5	20,2	63	30,4	25,3	20,1	47	30,4	25,2	19,8	64
nov	28,5	24,2	20,6	33	31,7	26	20,6	41	32,1	26,1	20,4	48
dez	28,7	24,8	21	68	31,6	26,4	21	71	31,9	26,5	20,8	66
média	30	23,9	20,8	2.254	30,2	25,2	20,7	2.110	30,1	25,3	20,1	2.157



**Figura 1.** Médias históricas anuais da precipitação (mm), temperatura média (Tmed.), temperatura máxima (Tmax.) e temperatura mínima (Tmin.) nos manguezais do Pina, Suape e Rio Formoso. Fonte LAMETE/ITEP, <http://www.itep.br/meteorologia>.



**Figura 2.** Variação histórica mensal da precipitação (mm) nos manguezais do Pina, Suape e Rio Formoso. Fonte LAMETE/ITEP, <http://www.itep.br/meteorologia>.



**Figura 3.** Variação mensal da temperatura máxima (Tmax.) e temperatura mínima (Tmin.) nos manguezais do Pina, Suape e Rio Formoso. Fonte LAMETE/ITEP, <http://www.itep.br/meteorologia>.

## Apêndice II

Tabela 1. Lista das espécies da família Drosophilidae (Diptera) citadas neste trabalho.

<i>Espécies</i>
1. <i>Drosophila ananassae</i> Doleschall
2. <i>Drosophila ararama</i> Pavan & Cunha
3. <i>Drosophila canalinea</i> Patterson & Mainland
4. <i>Drosophila camargoi</i> Dobzhansky & Pavan
5. <i>Drosophila cardini</i> Sturtevant
6. <i>Drosophila cardinoides</i> Dobzhansky & Pavan
7. <i>Drosophila coffeata</i> Williston
8. <i>Drosophila coroica</i> Wasserman
9. <i>Drosophila equinoxialis</i> Dobzhansky
10. <i>Drosophila flexa</i> Loew
11. <i>Drosophila fumipennis</i> Duda
12. <i>Drosophila malerkotliana</i> Parshad & Paika
13. <i>Drosophila melanogaster</i> Meigen
14. <i>Drosophila mercatorum</i> Patterson & Wheeler
15. <i>Drosophila nebulosa</i> Sturtevant
16. <i>Drosophila neocardini</i> Streisinger
17. <i>Drosophila paulistorum</i> Dobzhansky & Pavan
18. <i>Drosophila polymorpha</i> Dobzhansky & Pavan
19. <i>Drosophila prosaltans</i> Duda
20. <i>Drosophila saltans</i> Sturtevant
21. <i>Drosophila simulans</i> Sturtevant
22. <i>Drosophila sturtevanti</i> Duda
23. <i>Drosophila willistoni</i> Sturtevant
24. <i>Neotanygastrella tricoloripes</i> Duda
25. <i>Rhinoleucophenga brasiliensis</i> (Lima) <i>Gitona brasiliensis</i>
26. <i>Rhinoleucophenga fluminensis</i> (Lima) <i>Gitona fluminensis</i>
27. <i>Zaprionus indianus</i> Gupta
28. <i>Scaptodrosophila latifasciaeformis</i> Duda
29. <i>Zygothrica orbitalis</i> Sturtevant
30. <i>Zygothrica vittimaculosa</i> Burla

## CAPÍTULO 3

**First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an Oceanic Island of Pernambuco State, Brazil.**

Artigo publicado na revista

*Drosophila Information Service*, 92: 18-20. 2009



*Drosophila Information Service*, 92: 18-20. 2009

## **First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an Oceanic Island of Pernambuco State, Brazil.**

**Oliveira, Geórgia Fernanda, Klecianne Polyanne Soares de Melo, Ana Cristina Lauer Garcia, and Claudia Rohde.** Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Vitória de Santo Antão, PE - Brazil, Corresponding author: [claudiarohde@yahoo.com](mailto:claudiarohde@yahoo.com)

### **Introduction**

*Zaprionus indianus* is an invader species in Brazil and America. It is the most common fly of the genus in the African continent, and it probably originated from the Afrotropical zone (Tsacas, 1985). *Zaprionus indianus* represents one of the most successful colonizing species of this genus (Chassagnard and Tsacas, 1993) and their first occurrence in Brazil was recorded in 1999, in São Paulo State (Vilela, 1999; Tidon *et al.*, 2003). Since then the species has been able to successfully colonize the whole Brazilian territory (review in Gottschalk *et al.*, 2008) and become one the most abundant species of drosophilids in open and disturbed areas (Tidon *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2005). In Pernambuco State, northeast of Brazil, this species was collected for the first time in April, 2000, in the cities of Recife and Bezerros (Santos *et al.*, 2003). Between June 2000 and August 2002 these authors also collected *Z. indianus* in seven other cities of Pernambuco, and in Paraíba and Bahia States. The aim of the present study is to contribute to the knowledge of the process of colonization of *Z. indianus* in north-eastern Brazil, where the drosophilid fauna is very poorly studied and only a few species have been recorded. We present here the first data of collections of *Z. indianus* in one oceanic island (Fernando de Noronha) of Brazil, distant 360 km from the Natal city, and 525 km from Recife city, on the mainland.

### **Materials and Methods**

In September 2009 fly samples were collected in five different environments of Fernando de Noronha Island (03°50'81.1"S/32°25'07.4"W), in Pernambuco State, Brazil. Fernando de Noronha is the most important island of the archipelago of the same name, whose area is 26 km<sup>2</sup>. Fernando de Noronha island is the only inhabited island in the archipelago, and its area is 17 km<sup>2</sup>. Part of it (60%) comprises the National Marine Park of Fernando de Noronha, which protects the only occurrence of oceanic mangroves of the South Atlantic Ocean, formed by the plant species *Laguncularia racemosa*.

The environments chosen to be sampled were the Mangrove of Sueste Beach (inside the National Park of Fernando de Noronha), three disturbed forests (one next to the Mangrove, one next to Morro do Pico, and one next to Estrada Velha do Porto), and an urbanized area in Vila dos Remédios, the most densely populated site of the island. Sixty retention traps with fermented banana were prepared according to Tidon and Sene (1988). On each collection site, traps were dispersed along the area 10 meters away from each other and were set on three days to provide a total of 72 h of sampling. After this time, the captured flies were transferred to small vials containing standard culture medium and transported to the laboratory of the *Universidade Federal de Pernambuco* (UFPE) for identification. Samples of the specimens analyzed were deposited in the Drosophilidae Collection of UFPE.

## Results and Discussion

A total of 20,486 drosophilid flies were collected in Fernando de Noronha Island. Among these flies, 221 were *Zaprionus indianus* (Table 1), comprising 1.1% of the total samples. The relative frequencies of *Z. indianus* along the five collection sites ranged between 0.08% and 3.42%. Because of the low frequencies, our data probably indicate a very recent event of colonization of the island by *Z. indianus*. This is because our recent data indicate that *Z. indianus* is a very frequent species in collections carried out in open formations (as Caatinga biome for example), mangrove or in disturbed forests, in Pernambuco State in the mainland (unpublished results).

Table 1. Description of the five sites sampled in Fernando de Noronha Island and absolute abundance (N) and relative frequency (%) of *Zaprionus indianus* and other drosophilid species collected in each site.

Sites of collection	Habitat	Traps	<i>Zaprionus indianus</i>	Other species
			N (relative frequency)	N
Mangrove of Suape Beach	oceanic mangrove	25	5 (0.08 %)	5882
National Park	Forest next to the mangrove	10	9 (0.29 %)	3085
	Morro do Pico	10	54 (0.79 %)	6853
Protection Area (APA)	Estrada Velha do Porto	10	105 (3.42 %)	3065
	Vila dos Remédios	05	48 (2.99 %)	1601
		$\Sigma=60$	$\Sigma=221$	$\Sigma=20486$

Also in Fernando de Noronha, there was a clear preference of *Z. indianus* for the environments of disturbed forests and urbanized area in relation to the environments of mangrove and adjacent forest, where only 14 individuals were collected. Our results are the first record of *Z. indianus* in an oceanic island in Brazil, 360 km far from the coast. The data reinforce the idea that *Z. indianus* has great dispersion and colonization capacities. The continuous analysis of drosophilids in Fernando de Noronha at this time of the process of colonization may clarify, in the

future, the role of this invasive species in the dynamics of other exotic and native species already established on the island for a long time.

Acknowledgments: We are grateful to *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente* (IBAMA) for official permission to collect, to *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* (ICMBio) in Fernando de Noronha Island for all support provided during the collection, and to the Brazilian agencies *Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco* (FACEPE), *Pró-Reitoria de Pesquisa* (PROPESQ) *da Universidade Federal de Pernambuco* and *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) for fellowships and grants.

### References:

- Chassagnard, M.Th., and L.Tsacas 1993, *Ann. Soc. Entomol. Fr* 29: 173;  
Gottschalk, M.S., P.R. Hofmann, and V.L.S. Valente 2008, *Check List* 4(4): 485;  
Santos, J.F., T.T. Rieger, S.R.C. Campos, A.C.C. Nascimento, P.T. Félix, S.V.O. Silva, and F.M.R. Freitas 2003, *Dros. Inf. Serv.* 86: 92;  
Silva, N.M., C.C. Fantinel, V.L.S. Valente, and V.H. Valiati 2005, *Neotrop. Entomol.* 34: 363;  
Tidon, R., and F.M. Sene 1988, *Dros. Inf. Serv.* 67: 90; T  
idon, R., D.F. Leite, and B.F.D. Leão 2003, *Biol. Conserv.* 112: 299;  
Tsacas, L., 1985, *Ann. Soc. Entomol. Fr* 21(3): 343;  
Vilela, C.R., 1999, *Dros. Inf. Serv.* 82: 37.

## CAPÍTULO 4

Trabalho a ser submetido na revista *Marine Biodiversity*

### **Drosofilídeos (Diptera, Insecta) da ilha oceânica de Fernando de Noronha, Brasil**

Geórgia Fernanda Oliveira, Martín Alejandro Montes,  
Ana Cristina Lauer Garcia, Claudia Rohde

G. F. Oliveira  
Programa de Pós-Graduação  
em Saúde Humana e Meio Ambiente (PPSHMA),  
Centro Acadêmico de Vitória (CAV),  
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE),  
55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.  
e-mail: [georgia.fernanda@gmail.com](mailto:georgia.fernanda@gmail.com)

M. A. Montes  
Departamento de Biologia,  
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE,  
52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil.  
e-mail: [martinmontes76@gmail.com](mailto:martinmontes76@gmail.com)

A. C. L. Garcia  
Laboratório de Genética,  
Centro Acadêmico de Vitória (CAV),  
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE,  
55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.  
e-mail: [alauergarcia@yahoo.com.br](mailto:alauergarcia@yahoo.com.br)

C. Rohde ( \* )  
Laboratório de Genética,  
Centro Acadêmico de Vitória (CAV),  
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE,  
55608-680, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.  
e-mail: [claudiarohde@yahoo.com](mailto:claudiarohde@yahoo.com)

\*E-mail: [claudiarohde@yahoo.com](mailto:claudiarohde@yahoo.com)

---

**RESUMO:** Neste estudo, foi realizado um levantamento da fauna de drosofilídeos (Diptera, Insecta) na ilha de Fernando de Noronha, pertencente ao estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. Esta ilha está localizada no Oceano Atlântico, a 350 km do continente. Cinco áreas da ilha foram amostradas: um manguezal oceânico (junto a Baía do Sueste), três matas alteradas (uma junto ao manguezal, uma junto ao Morro do Pico e outra na Estrada Velha do Porto) e uma área de habitação humana, na Vila dos Remédios. Foram coletados 25.911 drosofilídeos pertencentes a quatro gêneros e oito diferentes espécies: *Drosophila simulans* Sturtevant (20.818 indivíduos), *D. malerkotliana* Parshad & Paika (2.410), *Zaprionus indianus* Gupta (1719), *D. melanogaster* Meigen (640), *D. ananassae* Doleschall (283), *Scaptodrosophila latifasciaeformis* Duda (36), *D. zottii* Vilela (3) e *Rhinoleucophenga brasiliensis* Lima (2). Destas espécies apenas *D. zottii* e *R. brasiliensis* são nativas da região Neotropical, sendo as demais exóticas. Através desta amostragem, quatro novos registros de drosofilídeos foram obtidos para a ilha de Fernando de Noronha: *D. melanogaster*, *D. zottii*, *S. latifasciaeformis* e *R. brasiliensis*. Em relação a abundâncias relativas observou-se a dominância das espécies exóticas, as quais responderam por 99,98% dos drosofilídeos coletados na ilha. *Drosophila simulans* foi a espécie dominante em todas as coletas realizadas no período chuvoso. Em relação a *Z. indianus* as maiores abundância foram registradas na área urbana da ilha o que também foi observado em relação a *D. melanogaster* foi observada na Pousada da Vila dos Remédios (23,96%) e na Estrada Velha do Porto (16,03%). Dendogramas de similaridade pelos índices de Jaccard e Morisita foram apresentados para os diferentes locais amostrados na ilha.

---

PALAVRAS-CHAVE ADICIONAIS: Ilha oceânica, manguezal, biodiversidade, espécies invasoras.

## Introdução

As ilhas oceânicas representam trechos emersos da plataforma submarina ou bordas das grandes fossas oceânicas, nas quais muitas vezes são evidentes os fenômenos de vulcanismo (Serafini et al. 2010). O isolamento marinho destas ilhas torna estes ambientes excelentes laboratórios naturais no estudo de processos como o crescimento e a regulação populacional de diferentes organismos, sendo também importantes na avaliação de aspectos como competição entre as espécies e a interação entre presas e predadores (Cowie e Holland 2006).

Nas ilhas oceânicas, o mar atua como uma barreira para algumas formas de vida, mas transporta para as ilhas outras espécies que, nesse ambiente isolado, com frequência se diferenciam dos antepassados continentais. Devido a este aspecto, a biodiversidade de ilhas é bastante particular e, embora estes ambientes insulares representem somente 5% da cobertura

terrestre do planeta, cerca de um terço de todas as espécies de mamíferos, aves e anfíbios ameaçadas estão nestes locais (Fonseca et al. 2006).

Ilhas também são importantes redutos de espécies endêmicas. Em comparação com os continentes o percentual e a vulnerabilidade destas espécies são maiores nas ilhas, o que pode ser explicado por seu espaço geográfico restrito, a especificidade das interações das espécies com o ambiente biótico e abiótico específico (Walter 2004; Fonseca et al. 2006), bem como pela menor variabilidade genética das espécies (Frankham 1997).

Assim como São Pedro e São Paulo, Martin Vaz, a Ilha da Trindade e o Atol das Rocas, Fernando de Noronha é uma das ilhas oceânicas brasileiras (Serafini et al. 2010) (**Figura 1**). Fernando de Noronha está situado no Atlântico Sul Equatorial, na região Nordeste do Brasil, entre as latitudes 3°51'S e 32°25'W, distante 350 km da cidade de Natal (estado do Rio Grande do Norte), Castro (2010). Fernando de Noronha é, na verdade, um arquipélago constituído por 21 ilhas de origem vulcânica que, juntas, totalizam aproximadamente 26 km<sup>2</sup>. Dentro deste arquipélago, a ilha de Fernando de Noronha é a mais extensa (ocupando 90% da área) e é também a única habitada, contando com 2.629 habitantes (IBGE 2010), reunidos em torno da Vila dos Remédios.

Fernando de Noronha foi, por muito tempo (entre 1942-1987), Território Federal ligado às Forças Armadas, mas com a Constituição de 1988, foi incorporada ao Estado de Pernambuco, como distrito estadual. Nesta mesma época a ilha de Fernando de Noronha foi coroada com a criação do Parque Nacional Marinho – PARNAMAR e a Área de Proteção Ambiental Estadual, localizados em seu território. Uma porção da área do parque nacional protege o único registro de mangue oceânico do Atlântico sul, localizado junto a Praia do Sueste, formado pela espécie vegetal *Laguncularia racemosa*. A vegetação original da ilha foi quase toda destruída e, atualmente, o revestimento vegetal constitui-se de vegetação arbustiva ou arbórea de pequeno porte e grandes áreas de macega, ervas e gramíneas (Almeida 2002).

O clima na ilha de Fernando de Noronha é tropical chuvoso do tipo Awi do sistema Köppen de classificação (Köppen 1948, Peel et al. 2007), marcado pelo domínio oceânico, com verão seco e estação chuvosa (de fevereiro a julho) adiantada para o outono, antes do inverno. Conforme Castro (2010) a média anual das temperaturas situa-se em torno de 25°C, consequência da influência dos ventos alísios. Porém, dados recentes do LAMETE/ITP (2011) para os anos de 2009 e 2010 indicam uma média anual ao redor de 27°C (**Apêndice**). Segundo Castro (2010) o índice de precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 1.400 milímetros (mm). Dados do LAMEPE/ITEP (2011) para os anos de 2009 e 2010 registraram valores de precipitação de 1.471 mm e 1.217,5 mm, respectivamente, o que corresponde a, aproximadamente, metade da precipitação que ocorre na zona da costa, como no município de Tamandaré, Pernambuco (**Apêndice**).

Há alguns anos, o arquipélago de Fernando de Noronha vem sendo explorado mais intensamente com o turismo que, ao lado da pesca, é a principal atividade econômica deste território. Estas atividades humanas trazem graves impactos ambientais, destacando-se a degradação do solo, movimentos de massa e problemas de erosão costeira (Castro 2010), além de comprometer a biodiversidade. Frente a esta situação, conhecer a diversidade de espécies deste arquipélago é tarefa fundamental para a conservação desta importante ilha oceânica brasileira.

Nos últimos anos, um dos organismos que vêm se mostrando cada vez mais promissores em estudos ecológicos e levantamentos faunísticos, inclusive aqueles voltados a biologia da conservação, são as pequenas moscas da família Drosophilidae Mata *et al.* (2010). Esta família compreende 4.112 espécies distribuídas em 75 gêneros e duas subfamílias: Steganinae e Drosophilinae (Bächli 2011). Além da grande diversidade de espécies, estes insetos são pequenos, de fácil captura, abundantes na natureza e sensíveis a pequenas modificações ambientais, o que acaba se refletindo no tamanho das populações naturais e também na diversidade de espécies que ocupa um determinado habitat. Por todas estas características alguns estudos, tal como o de Mata *et al.* (2008), vêm apontando os representantes da família Drosophilidae como candidatos potenciais para monitorar o nível de perturbação ambiental de uma determinada área. Dessa forma, conhecimentos básicos sobre a ocorrência desses dípteros em ambiente com características tão peculiares como a ilha de Fernando de Noronha são fundamentais para que estudos mais aplicados focados na biologia da conservação possam ser realizados com estes insetos.

Em Fernando de Noronha, no que diz respeito ao conhecimento sobre a fauna insetos da família Drosophilidae (Diptera, Insecta) não havia estudos publicados até 1980, quando então C. Vilela e E. Dessen realizaram uma coleta no final do mês de julho, utilizando armadilhas de banana e laranja, capturando 1.679 drosofilídeos. As coletas foram realizadas nas proximidades das praias da Quixabá e Conceição. Quatro espécies exóticas foram registradas: *D. simulans* Sturtevant (45,5%), *D. malerkotliana* Parshad & Paika (28,2%), *D. ananassae* Doleschall (24,6%) e *S. latifasciaeformis* Duda (1,7%). Os resultados foram divulgados durante um evento científico em 1985 (Vilela e Dessen 1985).

Passados 25 anos deste primeiro registro, apresentamos aqui os resultados completos de novas amostragens realizadas na ilha de Fernando de Noronha, com registro das espécies presentes e análise da diversidade das assembleias de drosofilídeos em cinco ambientes, incluindo um manguezal oceânico. As amostragens foram realizadas em dois períodos contrastantes em relação a pluviosidade. Resultados parciais deste estudo já foram publicados previamente por nosso grupo, através do primeiro registro da espécie invasora *Zaprionus indianus* Gupta nesta ilha oceânica (Oliveira *et al.* 2009).



Figura 1. Mapa de localização de Fernando de Noronha e demais ilhas oceânicas brasileiras (Imagem: Serafini et al. 2010).

## Metodologia

Moscas adultas da família Drosophilidae (Insecta, Diptera) (**Figura 2**) foram coletadas com o uso de 60 armadilhas confeccionadas de acordo com as especificações de Tidon e Sene (1988). Foram utilizados 6 kg de banana como isca, os quais foram amassados e, após, distribuídos igualmente entre as armadilhas. As armadilhas assim preparadas foram distribuídas entre cinco diferentes locais da ilha de Fernando de Noronha (**Figura 3**), sendo penduradas em árvores a 1,5 m do chão durante três dias consecutivos. Duas coletas foram realizadas para cada local, uma em período mais chuvoso e outro em época de maior estiagem. Na **Tabela 1** estão caracterizados os locais e os períodos e datas das amostragens.

As armadilhas foram assim distribuídas: 25 foram colocadas em no Manguezal da Praia do Sueste, 10 na mata adjacente a este manguezal, 10 na Mata do Morro do Pico, 10 na Mata da Estrada Velha do Porto e 5 na Pousada da Vila dos Remédios.

Os insetos coletados foram transferidos para vidros contendo meio de cultura e levados ao Laboratório de Genética do CAV-UFPE onde foram analisados. A identificação foi realizada consultando literatura especializada (Freire-Maia e Pavan, 1949, Breuer e Pavan 1950, Malogolowkin 1952, Wheeler 1952, Val 1982, Vilela 1983, Vilela e Val 1985, Grimaldi et al. 1990, Vilela e Bächli 1990).



Figura 2. Representante macho adulto do gênero *Drosophila*.

**Tabela 1.** Caracterização dos locais de coleta de drosofilídeos na ilha de Fernando de Noronha com datas e períodos das amostragens (chuva e seca) PANAMAR=Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e APA= Área de Proteção Ambiental.

Local de Coleta	Código	Ambiente	Latitude	Longitude	Estação	Data
Manguezal da Praia do Sueste	MAN	Manguezal PARNAMAR	03°51'S	32°25'W	chuva	12/09/2009
					seca	04/03/2010
Mata adjacente ao Manguezal da Praia do Sueste	MAT	Mata alterada PARNAMAR	03°51'S	32°25'W	chuva	12/09/2009
					seca	04/03/2010
Mata junto ao Morro do Pico	PIC	Mata alterada APA	03°50'S	32°25'W	chuva	12/09/2009
					seca	04/03/2010
Estrada Velha do Porto	POR	Mata alterada APA	03°50'S	32°24'W	chuva	12/09/2009
					seca	04/03/2010
Pousada na Vila dos Remédios	POU	Ambiente urbano APA	03°50'S	32°24'W	chuva	12/09/2009
					seca	04/03/2010



**Figura 3.** Imagem de satélite da ilha de Fernando de Noronha (Google 2011) e localização dos pontos de amostragem de drosofilídeos.

### Análise de dados

Para caracterizar as comunidades de drosofilídeos da ilha de Fernando de Noronha aqui estudados foram utilizadas as seguintes medidas de diversidade: Riqueza de espécies observada ( $S_{obs}$ ); Riqueza de espécies estimada pelo método de rarefação ( $S_{rar}$ ); Índice de equitabilidade de Smith & Wilson ( $E_{var}$ ) e Índice da heterogeneidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ). Dendrogramas de similaridade de espécies entre os locais e épocas foram gerados segundo os índices de Jaccard e Morisita. Para os cálculos de diversidade, elaboração dos dendrogramas, e também análise da contribuição parcial dos componentes espacial e temporal para a diversidade foram utilizados os softwares *BiodiversityPro* versão 2 (McAleece et al. 1997), *Ecological Methodology* (Krebs 1999) e PAST 1.34 (Hammer et al. 2001).

### Resultados e Discussão

Foram coletados 25.911 de drosofilídeos na Ilha de Fernando de Noronha. As espécies amostradas se enquadraram em quatro gêneros da família Drosophilidae: *Drosophila* Fallén, *Zaprionus* Coquillett, *Scaptodrosophila* Duda e *Rhinoleucophenga* Hendel. As seguintes espécies foram amostradas: *Drosophila simulans* Sturtevant (20.818 indivíduos), *D. malerkotliana* Parshad & Paika (2.410), *Zaprionus indianus* Gupta (1.719), *D. melanogaster* Meigen (640), *D. ananassae* Doleschall (283), *Scaptodrosophila latifasciaeformis* Duda (36), *D. zottii* Vilela (3) e *Rhinoleucophenga brasiliensis* Lima (2).

Na **Tabela 2** estão listadas as espécies observadas e suas abundâncias absolutas, por local e época de amostragem. Grande parte dos indivíduos coletados, 10.491, ocorreu no período chuvoso, enquanto 5.420 foram amostrados no período seco.

Dentre as oito espécies coletadas, 1.719 foram *Zaprionus indianus*, uma espécie exótica, para a qual o primeiro registro na ilha de Fernando de Noronha foi feito recentemente por Oliveira et al. (2009). Outras espécies exóticas encontradas na ilha foram: *D. simulans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. ananassae* e *Scaptodrosophila latifasciaeformis*. Em relação a estas espécies, este é o primeiro registro da ocorrência de *D. melanogaster* na ilha de Fernando de Noronha.

Apenas duas das espécies coletadas na ilha, *Rhinoleucophenga brasiliensis* e *Drosophila zottii*, são nativas da região neotropical. Neste estudo estes drosofilídeos foram registradas pela primeira vez em Fernando de Noronha.

Em relação à *Drosophila zottii*, esta pertence ao grupo *repleta*, o qual é considerado o mais diverso do gênero *Drosophila* na região Neotropical (Schmitz et al. 2007). De acordo com Bonete et al. (2008), metade das espécies deste grupo apresentam a notável característica de serem cactofílicas. Pouco se sabe a respeito da distribuição geográfica de *D. zottii* e, conforme revisão de Gottschalk et al. (2008) esta espécie já havia sido coletada nos estados brasileiros de Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Recentemente *D. zottii* foi descrita pela primeira vez no estado de Pernambuco (Silva 2010), habitando tanto ambientes de Caatinga (Silva, 2010) como de Brejos de Altitude (Silva 2010, Cabral 2010).

Quanto a *Rhinoleucophenga brasiliensis* esta era restrita, até pouco tempo, aos ambientes de manguezais de Pernambuco (dados não mostrados). Pouco se sabe sobre a distribuição geográfica e os aspectos taxonômicos deste gênero. Culik e Ventura (2009) relatam que algumas espécies do gênero *Rhinoleucophenga*, como *R. capixabensis*, podem ser predadores naturais de insetos de importância econômica, como a cochonilha. Além de *R. brasiliensis*, já são conhecidas outras três espécies deste gênero em Pernambuco: *R. fluminensis* (presente em várias ambientes naturais) e duas espécies ainda não determinadas (dados não mostrados).

Na Figura 4 estão apresentadas as oscilações das abundâncias absolutas por local e época de coleta de *D. simulans*, *D. malerkotliana* e *Zaprionus indianus*, as três espécies mais comuns neste estudo. *Drosophila simulans* foi a espécie dominante em todas as coletas realizadas no período chuvoso. Neste período, as maiores frequências relativas desta espécie foram observadas no Manguezal do Sueste (99,08%) e na mata adjacente a este manguezal (97,89%). No período de maior estiagem em três locais a representatividade *D. simulans* foi superada. Este foi o caso das coletas realizadas na Pousada da Vila dos Remédios e na Mata da estrada Velha do Porto, onde *Z. indianus* foi a espécie dominante, com frequências relativas de 55,43% e 30,24%, respectivamente. Já na mata do Morro do Pico, também no período seco, *D. malerkotliana* foi a espécie mais abundante (73,85%).

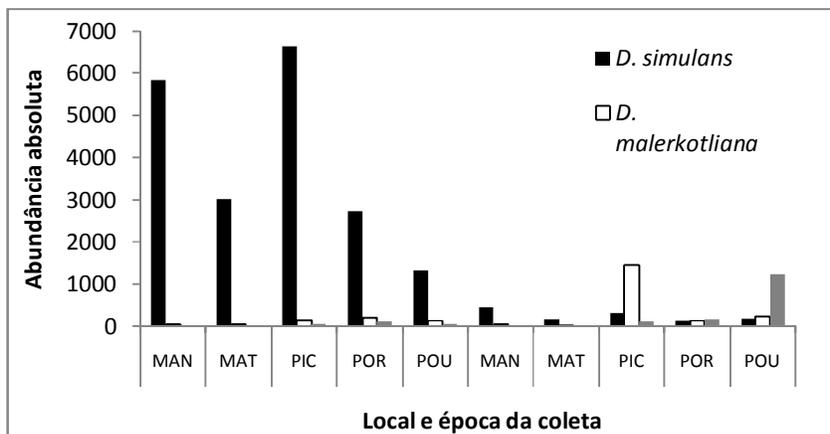
As frequências relativas de *Z. indianus* nos cinco locais amostrados variaram entre 0,08 (na coleta na estação chuvosa no manguezal) a 55,43% (na coleta na estação seca na Pousada na Vila dos Remédios). As maiores abundâncias de *Z. indianus* foram registradas na área urbana

da ilha, o que condiz com os dados da literatura, os quais apontam para uma preferência desta espécie por áreas com alta perturbação antrópica (Tidon et al. 2003, Ferreira e Tidon 2005, Gottschalk et al. 2007, Garcia et al. 2008), bem como por ambientes com vegetação aberta, tal como a Caatinga (Silva 2010), o cerrado (Tidon 2006) e os manguezais. Outro ponto a destacar é que em todos os locais amostrados neste estudo as frequências de *Z. indianus* foram maiores nas coletas realizadas na estação de maior estiagem

Em relação às demais espécies, a maior frequência relativa de *D. melanogaster* foi observada na Pousada da Vila dos Remédios (23,96%) e na Estrada Velha do Porto (16,03%), no período seco. Estes locais caracterizam-se por apresentar elevada urbanização e são bastante perturbados pela ação antrópica, o que pode estar refletindo a preferência desta espécie ou, sua melhor adaptação, a estes ambientes mais urbanos. Quanto à espécie *S. latifasciaeformis* suas abundâncias se mantiveram baixas e constantes entre os locais e épocas de amostragem.

**Tabela 2.** Abundâncias absolutas das oito espécies de drosofilídeos coletadas em cinco diferentes pontos de amostragem na ilha de Fernando de Noronha, tanto no período da chuva, quanto da seca. Os códigos dos locais de amostragem são apresentados na Tabela 1.

Gênero	Espécie	LOCAIS E PERÍODOS DE COLETA										Total
		MAN		MAT		PIC		POR		POU		
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	
<i>Drosophila</i>												
	<i>D. simulans</i>	5.831	448	3.022	164	6.629	318	2.740	141	1.337	188	20.818
	<i>D. malerkottiana</i>	40	37	46	17	143	1.449	194	130	129	225	2.410
	<i>D. melanogaster</i>	0	4	1	2	2	11	1	88	4	527	640
	<i>D. ananassae</i>	3	18	4	2	23	83	15	19	80	36	283
	<i>D. zottii</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Zaprionus</i>												
	<i>Z. indianus</i>	5	8	9	5	54	100	105	166	48	1219	1.719
<i>Scaptodrosophila</i>												
	<i>S. latifasciaeformis</i>	3	2	5	2	2	1	10	4	3	4	36
<i>Rhinoleucophenga</i>												
	<i>R. brasiliensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	<b>Total</b>	<b>5.885</b>	<b>518</b>	<b>3.087</b>	<b>192</b>	<b>6.853</b>	<b>1.962</b>	<b>3.065</b>	<b>549</b>	<b>1.601</b>	<b>2.199</b>	<b>2.5911</b>



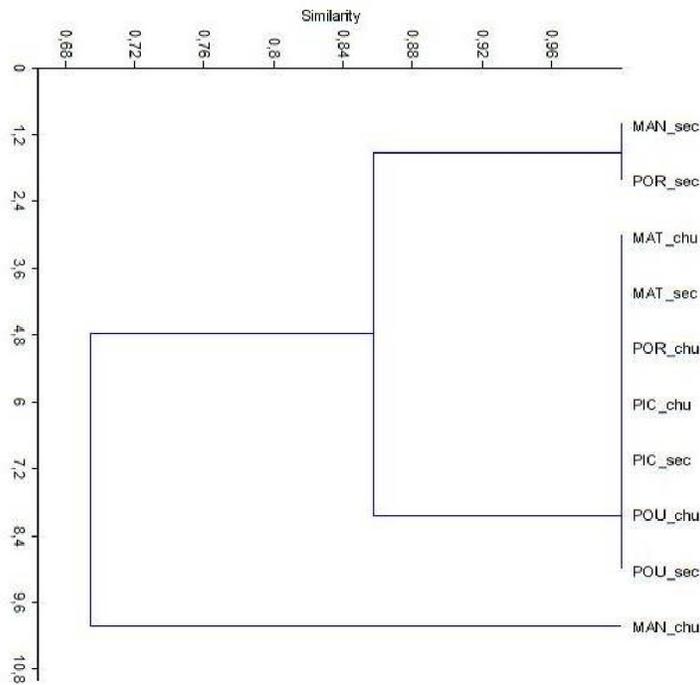
**Figura 4.** Flutuação das abundâncias absolutas das três espécies de drosofilídeos mais comuns nas coletas realizadas em Fernando de Noronha, em duas épocas distintas (chuva e seca).

**Tabela 3.** Medidas de diversidade das espécies de drosofilídeos coletadas da ilha de Fernando de Noronha,  $E_{var}$ =índice de equitabilidade de Smith-Wilson;  $H'$  =índice de heterogeneidade de Shannon-Wiener (*base e*);  $N$ =número total de indivíduos amostrados por coleta. Os códigos dos locais de coleta estão apresentados na Tabela 1.

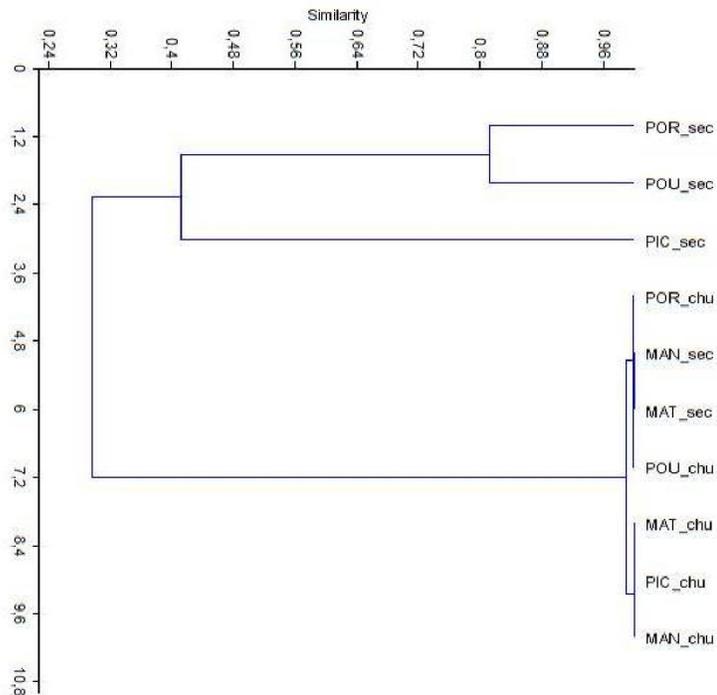
Código do Local de coleta	Período de amostragem	$E_{var}$	$H'$	Média $H'$	$N$
MAM	chuva	0,084	0,061		5.885
	seca	0,172	0,566	0,313	518
MAT	chuva	0,095	0,122		3.087
	seca	0,234	0,587	0,354	192
PIC	chuva	0,082	0,175		6.853
	seca	0,115	0,837	0,506	1.962
POR	chuva	0,100	0,438		3.065
	seca	0,177	1,509	0,970	549
POU	chuva	0,144	0,635		1.601
	seca	0,176	1,192	0,910	2.199
				Total	25.911

No dendrograma de similaridade apresentado na **Figura 5** (índice de Jaccard, que considera a presença/ausência de espécies) três grupos principais foram obtidos, um formado por MANseca e PORseca, outro grupo com apenas MANchuva e um terceiro grupo com as demais amostragens. Devido ao pequeno número de espécies identificadas (8) o dendrograma apresentado não é suficientemente informativo para que se possa diferenciar os locais e épocas de coleta entre si. É possível que a separação de MANchuva seja reflexo da presença da *D. zottii*, e ausência da *D. melanogaster* (espécie ausente apenas nesta amostra), e que o agrupamento MANseca e PORseca seja porque estas foram as amostragens com ausência de *R. brasiliensis*. Por outro lado, o dendrograma de similaridade apresentado na **Figura 6** (índice de Morisita, que

considera a presença/ausência e também as abundâncias das espécies) gerou dois grandes grupos, um deles formado por POR<sub>seca</sub>, POU<sub>seca</sub> e PIC<sub>seca</sub> e outro grupo com as demais amostragens. PIC<sub>chuva</sub>, MAN<sub>chuva</sub> e MAT<sub>chuva</sub> se agruparam bem no dendrograma, reflexo da semelhança das abundâncias das espécies. Vale ressaltar que PIC está localizado no meio de dois grupos bem distintos: MAN-MAT e POU-POR. Quanto a época das coletas, no período de chuva, PIC se assemelha mais como MAN e MAT. Porém, quando o período é de seca, se assemelha mais como POU e POR. Portanto, é possível que exista um gradiente ecológico interferindo no desenvolvimento dos drosofilídeos em um sentido geográfico leste-oeste: POR, POU, PIC, MAT e MAN. Coincidentemente, as áreas mais semelhantes entre si, tanto na chuva quanto na seca (MAT e MAN) estão inseridas nos limites do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (PARNAMAR), teoricamente o mais preservado da ilha. Por outro lado, as medidas de diversidade de espécies (**Tabela 3**) apresentam um gradiente que vai do menor, a oeste da ilha (MAT e MAN), ao maior, a leste (POU e POR), sendo os maiores índices obtidos em POR<sub>seca</sub> ( $H'=1,509$ ) e POU<sub>seca</sub> ( $H'=1,192$ ), contrariando uma expectativa esperada de que áreas do parque nacional seriam mais diversas em termos de espécies.



**Figura 5.** Dendrograma mostrando a similaridade de espécies (índice de Jaccard) entre os diferentes locais e épocas de coleta na ilha de Fernando de Noronha. Os códigos dos locais de coleta estão apresentados na Tabela 1.



**Figura 6.** Dendrograma mostrando a similaridade de espécies (índice de Morisita) entre os diferentes locais e épocas de coleta na ilha de Fernando de Noronha. Os códigos dos locais de coleta estão apresentados na Tabela 1.

Os resultados obtidos na ilha de Fernando de Noronha podem ser comparados aos de Carson *et al.* (1983) realizados na Ilha de Galápagos no ano de 1977. Os autores coletaram 774 indivíduos e relataram a ocorrência de 15 diferentes espécies da família Drosophilidae. Entre elas a espécie *Gitona brasiliensis*, hoje denominada *Rhinoleucophenga brasiliensis*, a mesma encontrada em Fernando de Noronha. Além desta, havia *D. melanogaster*, *D. ananassae*, *D. simulans*, *S. latifasciaeformis*, igualmente encontradas neste estudo. Conforme destacado no texto dos autores, muitos estudos que incluem coletas entomológicas tendem a desprezar os pequenos insetos, como os drosofilídeos. Para que estes sejam devidamente registrados é preciso a presença de especialistas na área, ou drosofilistas, que se dispõem a coletar exclusivamente estes insetos. No caso da Ilha de Galápagos na época existiam vários estudos de levantamentos entomológicos, porém sem registro dos drosofilídeos. Este parece ser o caso do levantamento da dipterofauna de Fernando de Noronha realizada por Couri *et al.* (2008). Estes autores analisaram material preservado do ano de 1973, com 11.515 exemplares, registrando a presença de oito famílias, porém nenhuma foi Drosophilidae.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESQ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Os autores agradecem a Diva M. I. O. Silva e Klecianne P. S. Melo, do Laboratório de Genética do CAV-UFPE, pela valiosa ajuda nos procedimentos de coleta, ao Dr. Hermes J. Schmitz pelas contribuições nas análises e discussão dos resultados, a equipe do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha (ICMBio) pelo suporte técnico durante as coletas na ilha de Fernando de Noronha e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) pela permissão para os procedimentos de coleta.

## Referências

- Almeida FFM (2002) Arquipélago de Fernando de Noronha: Registro de monte vulcânico do Atlântico Sul. In: Schobbenhaus C, Campos DA, Queiroz ET, Winge M, Berbert-Born MLC (Eds) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos, Brasília pp 361-368
- Bächli G (2011) TaxoDros: The database on taxonomy of Drosophilidae. Consultado em janeiro de 2011. URL: <http://taxodros.unizh.ch/>
- Bonete RI, Machado LPB, Mateus RP (2008) *Drosophila antonietae*: compilação de dados sobre a espécie. Revista Eletrônica Lato Sensu 5: 1-9
- Breuer ME, Pavan C (1950) Genitália masculina de "*Drosophila*" (Diptera): Grupo "*annulimana*". Rev Bras Biol10: 469-488
- Cabral WBM (2010) Variação temporal na abundância e na diversidade de Drosophilidae (Diptera, Insecta) em um Brejo de Altitude no município de Bonito, Pernambuco. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pernambuco 42p
- Carson HL, Val FC, Wheeler MR (1983) Drosophilidae of the Galapagos islands, with descriptions of two new species. Int J Ent 25(4): 239-248
- Castro JWA (2010) Oceanic islands of Trindade and Fernando de Noronha, Brazil: Overview of the Environmental Geology. Journal of Integrated Coastal Zone Management 10(3): 303-319
- Couri MS, Barros GPS, Orsini MP (2008) Dipterofauna do arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco, Brasil) Rev Bras Entomol 52(4): 588-590
- Cowie RH, Holland BS (2006) Dispersal is fundamental to biogeography and the evolution of biodiversity on oceanic islands. J Biogeogr 33(2): 193-198
- Culik PM, Ventura JA (2009) New species of *Rhinoleucophenga*, a potential predator of pineapple mealybugs. Pesq Agropec Bras 44 (4): 417-420

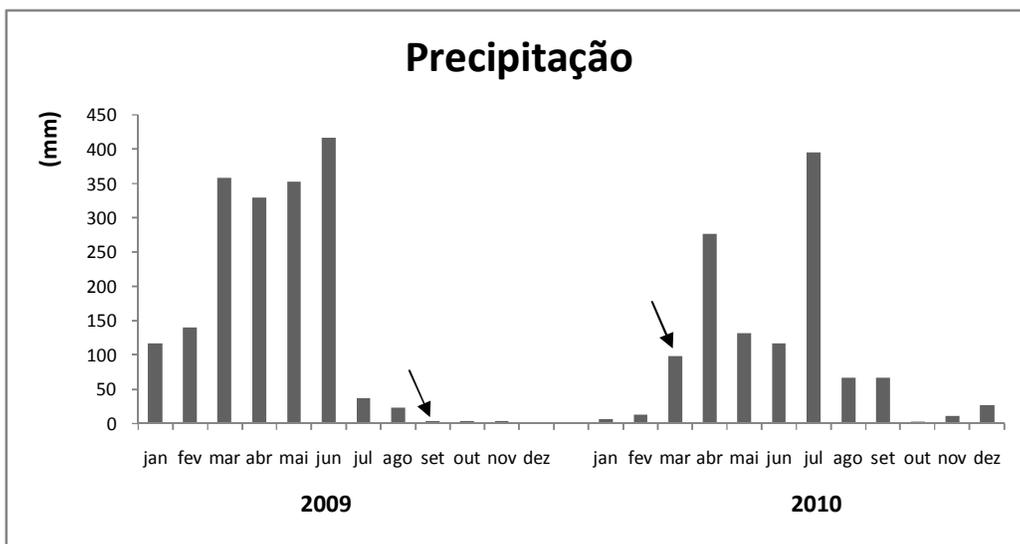
- Ferreira LB, Tidon R (2005) Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. *Biol Conserv* 14: 1809-1821
- Fonseca GAB, Mittermeier RA, Mittermeier CG (2006) Conservation of island biodiversity – importance, challenges and opportunities. Center for Applied Biodiversity Sciences, Conservation International, 16 p., Washington, DC, USA.
- Frankham R (1997) Do island population have less genetic variation than mainland populations? *Heredity* 78: 311-327
- Freire-Maia N, Pavan C (1949) Introdução ao estudo de drosófila. *Cultus* 1: 1-171
- Garcia ACL, Valiati VH, Gottschalk MS, Rohde C & Valente VLS (2008) Two decades of colonization of the urban environment of Porto Alegre, southern Brazil, by *Drosophila paulistorum* (Diptera, Drosophilidae). *Iheringia, Sér Zool* 93: 329-338
- Gottschalk MS, De Toni DC, Valente VLS, Hofmann PRP (2007) Changes in brazilian Drosophilidae (Diptera) assemblages across an urbanisation gradient. *Neotrop Entomol* 36: 848-862
- Gottschalk MS, Hofmann PRP, Valente VLS (2008) Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brasil *Check List* 4: 485-518
- Grimaldi DA (1990) A phylogenetic, revised classification of genera in the Drosophilidae (Diptera). *Bulletin of American Museum of Natural History* 197: 103- 268
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001). PAST: Palaeontological Statistics software for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9
- IBGE (2010) Censo Brasileiro 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (14 de novembro de 2007). Página visitada em 10 de janeiro de 2011. URL: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao\\_por\\_municipio.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/populacao_por_municipio.shtm)
- Köppen W (1948) *Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra*. Mexico City, Fondo de Cultura Económica. 478p
- Krebs CJ (1999) *Ecological methodology*. Menlo Park, Addison Wesley Longman. 620p
- LAMETE/ITEP (2011) Dados climatológicos do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE), Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). URL: <http://www.itep.br/meteorologia>
- Malogolowkin C (1952) Sobre a genitália do “Drosophilidae” (Diptera). III Grupo willistoni do gênero Drosophila. *Rev Bras Biol* 12: 79-86
- Mata RA, McGeoch M, Tidon R (2008). Drosophilid assemblages as a biondicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. *Biodiversity and Conservation* 17: 2899-2916.
- Mata, RA, McGeoch, Melodie, Tidon, Rosana (2010). Drosophilids (Insecta, Diptera) as Tools for Conservation Biology. *Natureza & Conservação*, v. 08, p. 60-65.
- McAleece N, Lamshead PJD, Paterson GLJ, Gage JD (1997) *BioDiversity Professional version 2*

- Oliveira GF, Melo KPS, Garcia ACL, Rohde C (2009) First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an Oceanic Island of Pernambuco State, Brazil. *Drosophila Information Service* 92: 18-20
- Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydro Earth Syst Sci* 11: 1633–1644
- Schmitz HJ, Valente VLS, Hofmann PRP (2007) Taxonomic Survey of Drosophilidae (Diptera) from Mangrove Forests of Santa Catarina Island, Southern Brazil. *Neotrop Entomol* 36: 53-64
- Serafini TZ, França GB, Andriguetto-Filho JM (2010) Brazilian oceanic islands: known biodiversity and its relation to the history of human use and occupation. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 10 (3):281-301
- Silva DMIO (2010) Levantamento taxonômico da fauna de Drosophilidae em ambientes de Floresta Atlântica e Caatinga do Estado de Pernambuco, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco 90p
- Tidon R, Sene FM (1988) A thap that retains and keeps *Drosophila* alive. *Drosoph Inf Serv* 67: 89
- Tidon R, Leite DF, Leão BFD (2003) Impact of the colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: two years after the invasion. *Biological Conservation* 112: 299–305
- Tidon R (2006) Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biological Biol J Linn Soc Lond* 87: 233-247
- Val FC (1982) The male genitalia of some Neotropical *Drosophila*: notes and illustrations. *Pap Av Zool* 34: 309-347
- Vilela CR, Dessen BEM (1985) O gênero *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) no Território de Fernando de Noronha: dados preliminares. In: XII Resumos do Congresso Brasileiro de Zoologia, Sociedade Brasileira de Zoologia 1: 111
- Vilela CR, Bächli G (1990) Taxonomic studies on Neotropical species of seven genera of Drosophilidae (Diptera). *Mitt Schweiz Ent Gesel* 63: 1-332
- Vilela CR, Val FC (1985) The male genitalia of type of six members of the *Drosophila tripunctata* species group (Diptera, Drosophilidae). *Rev Bras Entomol* 29: 503-513
- Vilela CR (1983) A revision of *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). *Rev Bras Entomol* 27 (1): 1-114
- Walter HS (2004) The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. *J Biogeogr* 31(2):177-197
- Wheeler MR (1952) The Drosophilidae of Nearctic region, exclusive of the genus *Drosophila*. *Univ Texas Publs* 5204: 162-218

**APÊNDICE**

**Tabela 1.** Dados climatológicos (temperatura e precipitação) de Fernando de Noronha para cada mês (janeiro a dezembro) dos anos de 2009 (FEN 2009) e ano de 2010 (FEN 2010). Também são apresentados os dados climatológicos históricos do município de Tamandaré/Pernambuco. Os dados se referem à temperatura média (Tmed.), temperatura máxima (Tmax.) e temperatura mínima (Tmin.). Os dados foram obtidos do LAMETE/ITEP (2011).

meses	FEN 2009				FEN 2010				TAMANDARÉ			
	Tmax. (°C)	Tmed. (°C)	Tmin. (°C)	Precip. (mm)	Tmax. (°C)	Tmed. (°C)	Tmin. (°C)	Precip. (mm)	Tmax. (°C)	Tmed. (°C)	Tmin. (°C)	Precip. (mm)
jan	30,4	27,1	25,1	118	31,1	28,1	26,3	7	31,5	26,6	21,5	86
fev	30,4	27,4	25,1	140	32,0	28,8	26,6	13	31,8	26,6	21,4	126
mar	30,0	26,8	24,4	358	32,4	28,9	26,4	98,75	31,4	26,6	21,8	232
abr	30,3	26,6	24,2	329,5	30,9	28,2	25,6	276,25	30,6	26,1	21,7	285
mai	30,2	26,8	24,5	353	30,8	28,0	25,6	132,25	29,4	25	21,4	312
jun	29,9	26,6	24,3	416,75	30,0	27,4	25,1	118	28,5	24	20,4	336
jul	29,2	26,6	24,4	37,5	28,8	26,2	24,2	395,5	27,5	23,2	19,9	297
ago	29,2	26,4	24,4	23,75	29,0	26,3	24,4	67,25	27,6	23,3	18,8	188
set	29,7	26,7	24,8	4	29,1	26,4	24,3	67,5	29,2	24,1	19,4	117
out	30,1	27,0	25,0	4,5	30,3	27,3	25,2	3,25	30,4	25,2	19,8	64
nov	30,4	27,2	25,3	4,5	31,2	27,8	25,4	11,5	32,1	26,1	20,4	48
dez	30,4	27,5	25,7	1,5	31,1	27,7	25,4	27,25	31,9	26,5	20,8	66
média	30,1	26,9	24,8	1.791	30,6	27,9	20,7	1.217,5	30,1	25,3	20,1	2.157



**Figura 1.** Dados climáticos da precipitação da Ilha de Fernando de Noronha, indicado em milímetros (mm), ao longo dos meses de 2009 e 2010 segundo a base de dados LAMEPE/ITEP (2011). As setas indicam os meses em que foram realizadas as coleta de drosofilídeos: setembro/2009 (4,0 mm de chuva) e março/2010 (98,75 mm). A coleta de set/2010 foi realizada logo o período das chuvas (fevereiro a julho), e a coleta de março/2010 foi realizada logo após o período da seca (agosto a janeiro).



**Figura 2.** Imagens de uma armadilha e dos locais das coletas (manguezal oceânico, mata junto ao manguezal, Morro do Pico, Estrada do Porto e Vila dos Remédios) na ilha de Fernando de Noronha, realizadas na época logo após as chuvas.

## CAPÍTULO 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até recentemente, a fauna de drosofilídeos do estado de Pernambuco figurava como uma das menos conhecidas no território nacional (Gottschalk *et al.* 2008). Prova disto é que até 2008 apenas 14 espécies haviam sido registradas para o estado (Santos *et al.* 2003, Gottschalk *et al.* 2008), número altamente contrastante quando comparado com o apresentado por outros estados brasileiros, tal como São Paulo, onde já haviam sido registradas mais de uma centena de espécies de drosofilídeos (MEDEIROS & KLACZKO 2004).

Motivados pelo interesse de mudar este cenário, nosso grupo iniciou, desde 2008, um amplo projeto de investigação voltado ao conhecimento da fauna de drosofilídeos na região Nordeste do Brasil, começando estes estudos pelo estado de Pernambuco. Desde então, 104.486 drosofilídeos têm sido amostrados nos mais variados tipos de ambientes, tais como os Manguezais - foco deste estudo -, áreas de Brejos de Atitude, de Floresta Atlântica, de Caatinga e até mesmo o arquipélago de Fernando de Noronha, território pertencente ao estado de Pernambuco e também investigado no presente estudo. Embora o esforço amostral não tenha sido igual em todos os ambientes investigados, esta ampla amostragem permitiu traçar um panorama comparativo da riqueza de espécies entre as diferentes fitofisionomias avaliadas, conforme apresentado na Tabela 1.

Algumas espécies, tais como *Drosophila ananassae*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans*, *Zaprionus indianus* e *Scaptodrosophila latifasciaeformis* foram comuns a todos os ambientes estudados em Pernambuco até o momento. Vale ressaltar que estas são espécies exóticas, muitas das quais, já registradas também em outros ambientes brasileiros, tais como a Floresta Amazônica, a Floresta de Araucária e os campos sulinos (CHAVES & TIDON 2008).

Excluindo o arquipélago de Fernando de Noronha, *D. nebulosa*, *D. paulistorum*, *D. willistoni*, *D. prosaltans*, *D. sturtevantii*, *D. mercatorum* e *Rhinoleucophenga fluminensis* também foram amostradas em todo os demais ambientes investigados (**Tabela 1**).

Conforme também observado na **Tabela 1**, algumas espécies de drosofilídeos apresentaram-se mais restritas, ocorrendo unicamente em um dos ambientes investigados. Este foi o caso, por exemplo, de *D. busckii*, *D. atrata*, *D. pallidipennis*, *D. maculifrons*, *D. ivai*, *D. paranaensis*, *D. repleta*, *D. senei*, *D. annulimana*, *D. cuaso*, *D. mediopunctata*, *D. mesostigma*, *D. paraguayensis* entre outras espécies não determinadas, presentes somente nas formações de Brejos de Altitude, o qual apresenta-se como o mais rico em espécies de drosofilídeos no estado de Pernambuco. CABRAL (2010), avaliando a fauna de drosofilídeos em uma única área de Brejo de Altitude no município de Bonito, Pernambuco, registrou a ocorrência de 55 espécies.

Espécies unicamente registradas na Floresta Atlântica de Pernambuco foram *Zygotrica vittimaculosa*, *Neotanygastrella tricoloripes*, além de algumas espécies do gênero *Drosophila* não determinadas. Para a Caatinga, *D. kikkawai*, *D. rosinae*, *D. serido* e uma espécie não determinada do gênero *Rhinoleucophenga* (*R. sp.D*) apareceram como exclusivas deste ambiente. Espécies unicamente registradas nos Manguezais foram *D. aff. bromeliae*, *D. canalinea*, uma espécie não determinada do gênero *Rhinoleucophenga* (*R. sp.A*), uma espécie não determinada do gênero *Amiota* (*A. sp.1*), e quatro espécies não determinadas do gênero *Drosophila*, ver Tabela 1.

A análise comparativa da diversidade de drosofilídeos entre os diferentes ambientes investigados em Pernambuco (**Tabela 1**) muitas vezes também se mostrou surpreendente. Vejamos, por exemplo, o caso da Floresta Atlântica e da Caatinga. Para o primeiro ambiente já temos identificado 17.407 drosofilídeos contra 6.461 indivíduos coletados nas áreas de Caatinga. Mesmo com esta grande diferença de amostragem, e ao contrário do que se pode esperar, pensando na vegetação arbustiva e na aridez da Caatinga frente ao ambiente úmido e as frondosas árvores da Floresta Atlântica, o número de espécies de drosofilídeos não se mostrou tão contrastante entre os dois ambientes. Foram registradas 27 espécies para a Caatinga e 31 para a Floresta Atlântica, mesmo com mais do dobro de indivíduos capturados neste último ambiente, fato este já foi bem documentado no estudo de SILVA (2010).

Outro ambiente que surpreendeu pela quantidade de espécies de drosofilídeos encontradas foi, sem dúvida, os Manguezais. Por apresentarem características tão peculiares como as periódicas inundações, a salinidade, o solo instável e pouco oxigenado, além da ação mecânica da água e, principalmente a aparentemente a ausência de recursos tróficos para a alimentação e criação de drosofilídeos não é fácil imaginarmos ali uma grande diversidade destes insetos. Os dados do presente trabalho, no entanto, acrescido dos estudos pioneiros de SCHMITZ et al. (2007 e 2010) nos fazem enxergar os manguezais como importantes habitats na vida destes organismos. Considerando os três manguezais aqui estudados (Pina, Suape e Rio Formoso), já foram identificadas 31 espécies a partir da coleta de 37.444 indivíduos em seis amostragens, sendo duas em cada manguezal. Nos estudos de SCHMITZ et al. (2007, 2010), com o mesmo número de armadilhas por coleta, foram identificadas 69 espécies de drosofilídeos, porém o esforço amostral foi maior, resultando em 28 amostragens com a obtenção de 82.942 indivíduos em três manguezais de Santa Catarina. Essa grande riqueza de espécies encontrada nos estudos mencionados reforça a importância dos manguezais como áreas importantes na avaliação da biodiversidade destes insetos. Novas coletas, incluindo diferentes períodos de amostragem, deverão ser realizadas nas áreas de mangue aqui estudadas, a fim de possibilitar uma análise comparativa mais refinada entre os manguezais de Santa Catarina e de Pernambuco e futuramente com o de outros manguezais do território brasileiro.

Esperamos ao final deste estudo, ter contribuído ainda mais para o conhecimento da fauna de drosofilídeos do Estado de Pernambuco. Em todos os ambientes investigados nestes últimos

anos (**Tabela 1**), já identificamos 86 espécies. Somado com registros anteriores, já podemos anunciar a presença de pelo menos 93 espécies drosofilídeos no Estado.

Os drosofilídeos têm sido alvo de estudos voltados à ecologia dos mesmos, uma vez que estes insetos reúnem características privilegiadas para esta finalidade. Desta forma, nas últimas décadas alguns resultados interessantes têm sido obtidos estudando-se drosofilídeos como bioindicadores de fragmentação de habitats (MARTINS 2001), de urbanização (AVONDET *et al.* 2003, GOTTSCHALK *et al.* 2007) e de poluição do ar (LUCCHESI *et al.* 2002), bioindicadores de ambientes preservados e perturbados pela ação antrópica (MATA *et al.* 2008).

A caracterização/ conhecimento da fauna de drosofilídeos surge como uma ferramenta importante a ser utilizada no desenvolvimento de ações futuras de conservação do ecossistema manguezal. Como se sabe este ecossistema tem sido importante ambiente para o Homem que se utiliza de diversos recursos provenientes de manguezais. Muitos desses recursos são utilizados para a alimentação humana, assim ações que visem a conservação desses ecossistemas, beneficiarão a saúde da população que dele se utiliza.

Essa grande diversidade de espécies serve de alerta para defendermos estratégias de conservação voltadas à preservação das diferentes fitofisionomias presentes no estado de Pernambuco. Medidas como estas serão importantes não apenas para a manutenção da diversidade destes insetos como para muitos outros organismos desta região.

**Tabela 1.** Presença das espécies da família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em cinco ambientes do estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. MAN (Manguezais), BRE (Brejos de Altitude), FLO (Floresta Atlântica), CAA (Caatinga), FEN (Fernando de Noronha). <sup>1</sup>Presente estudo, <sup>2</sup>CABRAL (2010), <sup>3</sup>SILVA (2010). As espécies exóticas estão sublinhadas, e a lista da descrição original das espécies é dada logo abaixo.

Classificação	Espécies	Ambientes				
		MAN <sup>1</sup>	BRE <sup>2,3</sup>	FLO <sup>1,3</sup>	CAA <sup>3</sup>	FEN <sup>1</sup>
Gênero <i>Drosophila</i>						
Subgênero <i>Sophophora</i>						
grupo <i>melanogaster</i>	<u><i>D. ananassae</i></u>	X	X	X	X	X
	<u><i>D. kikkawai</i></u>				X	
	<u><i>D. malerkotliana</i></u>	X	X	X	X	X
	<u><i>D. melanogaster</i></u>	X	X	X	X	X
	<u><i>D. simulans</i></u>	X	X	X	X	X
grupo <i>willistoni</i>	<i>D. nebulosa</i>	X	X	X	X	
	<i>D. equinoxialis</i>	X		X		
	<i>D. fumipennis</i>		X	X		
	<i>D. paulistorum</i>	X	X	X	X	
	<i>D. willistoni</i>	X	X	X	X	
grupo <i>saltans</i>	<i>D. prosaltans</i>	X	X	X	X	
	<i>D. saltans</i>	X	X			
	<i>D. sturtevanti</i>	X	X	X	X	
Subgênero <i>Siphlodora</i>						
	<i>D. flexa</i>	X	X		X	
Subgênero <i>Drosophila</i>						
grupo <i>busckii</i>	<u><i>D. busckii</i></u>		X			
grupo <i>calloptera</i>	<i>D. atrata</i>		X			
grupo <i>dreyfusi</i>	<i>D. camargoi</i>		X	X		
grupo <i>pallidipennis</i>	<i>D. pallidipennis</i>		X			
grupo <i>guarani</i>	<i>D. griseolineata</i>		X		X	
	<i>D. maculifrons</i>		X			
grupo <i>repleta</i>	<i>D. coroica</i>		X	X		
	<i>D. ellisoni</i>		X	X		
	<i>D. hydei</i>		X		X	
	<i>D. ivai</i>		X			
	<i>D. mercatorum</i>	X	X	X	X	
	<i>D. paranaensis</i>		X			
	<i>D. pictilis</i>		X	X	X	
	<i>D. repleta</i>		X			
	<i>D. rosinae</i>				X	
	<i>D. senei</i>		X			
	<i>D. serido</i>				X	
	<i>D. seriema</i>		X		X	
	<i>D. zottii</i>		X		X	X
	<i>D. sp A</i>		X			
	<i>D. sp B</i>		X			
grupo <i>cardini</i>	<i>D. cardini</i>	X	X		X	

continuação

Classificação	Espécies	Ambientes				
		MAN <sup>1</sup>	BRE <sup>2,3</sup>	FLO <sup>1,3</sup>	CAA <sup>3</sup>	FEN <sup>1</sup>
grupo <i>cardini</i>	<i>D. cardinoides</i>		X	X	X	
	<i>D. neocardini</i>		X	X	X	
	<i>D. polymorpha</i>		X	X		
grupo <i>bromeliae</i>	<i>D. aff. bromeliae</i>	X				
grupo <i>canalinae</i>	<i>D. canalinae</i>	X				
grupo <i>coffeata</i>	<i>D. coffeata</i>	X	X	X		
grupo <i>annulimana</i>	<i>D. annulimana</i>		X			
	<i>D. ararama</i>	X	X	X		
grupo <i>tripunctata</i>	<i>D. bandeirantorom</i>		X	X	X	
	<i>D. cuaso</i>		X			
	<i>D. mediopunctata</i>		X			
	<i>D. mesostigma</i>		X			
	<i>D. paraguayensis</i>		X			
	<i>D. sp.A</i>		X			
	<i>D. sp.B</i>		X			
	<i>D. sp.C</i>		X			
	<i>D. sp.D</i>		X			
	<i>D. sp.E</i>		X			
	<i>D. sp.F</i>		X			
	<i>D. sp.G</i>		X			
	<i>D. sp.H</i>		X			
	<i>D. sp.I</i>		X			
	Não identificada sp.1	X				
Gênero <i>Zaprionus</i>						
Subgênero <i>Zaprionus</i>						
grupo <i>armatus</i>	<i>Z. indianus</i>	X	X	X	X	X
Gênero <i>Scaptodrosophila</i>						
grupo <i>latifasciaeformis</i>	<i>S. latifasciaeformis</i>	X	X	X	X	X
Gênero <i>Rhinoleucophenga</i>						
	<i>R. brasiliensis</i>	X				X
	<i>R. fluminensis</i>	X	X	X	X	
	<i>R. sp.A</i>	X				
	<i>R. sp.D</i>				X	
Gênero <i>Zygothrica</i>						
Subgênero <i>Zygothrica</i>						
grupo <i>orbitalis</i>	<i>Z. orbitalis</i>	X	X			
grupo <i>vittimaculosa</i>	<i>Z. vittimaculosa</i>			X		
Gênero <i>Amiota</i>						
Subgênero <i>Amiota</i>						
	<i>A. sp1</i>	X				
Gênero <i>Neotanygastrella</i>						
	<i>N. tricoloripes</i>			X		

continuação

Classificação	Espécies	Ambientes					
		MAN <sup>1</sup>	BRE <sup>2,3</sup>	FLO <sup>1,3</sup>	CAA <sup>3</sup>	FEN <sup>1</sup>	
Não determinadas	sp.1		X				
	sp.2		X				
	sp.3		X				
	sp.4		X				
	sp.5		X				
	sp.6		X				
	sp.7		X				
	sp.8		X				
	sp.9		X				
	sp.10	X					
	sp.11	X					
	sp.13	X					
	sp.16	X		X			
	sp.17	X					
	sp.21				X		
	sp.23				X		
	sp.25				X		
		<b>Total</b>	<b>37.444</b>	<b>17.263</b>	<b>17.407</b>	<b>6.461</b>	<b>25.911</b>
		Riqueza de espécies (S)	31	65	31	27	8

Listagem das espécies da família Drosophilidae (Diptera) citadas na Tabela 1.

1. *Drosophila ananassae* Doleschall
2. *Drosophila annulimana* Duda
3. *Drosophila ararama* Pavan & Cunha
4. *Drosophila atrata* Burla & Pavan
5. *Drosophila bandeirantium* Dobzhansky & Pavan
6. *Drosophila canalinea* Patterson & Mainland
7. *Drosophila camargoi* Dobzhansky & Pavan
8. *Drosophila cardini* Sturtevant
9. *Drosophila cardinoides* Dobzhansky & Pavan
10. *Drosophila coffeata* Williston
11. *Drosophila coroica* Wasserman
12. *Drosophila cuaso* Bächli, Vilela & Ratcov
13. *Drosophila equinoxialis* Dobzhansky
14. *Drosophila ellisoni* Vilela
15. *Drosophila flexa* Loew
16. *Drosophila fumipennis* Duda
17. *Drosophila griseolineata* Duda
18. *Drosophila hydei* Sturtevant
19. *Drosophila ivai* Vilela
20. *Drosophila kikkawai* Burla
21. *Drosophila maculifrons* Duda
22. *Drosophila malerkotliana* Parshad & Paika
23. *Drosophila mediopunctata* Dobzhansky & Pavan
24. *Drosophila melanogaster* Meigen

25. *Drosophila mercatorum* Patterson & Wheeler
26. *Drosophila mesostigma* Frota-Pessoa
27. *Drosophila nebulosa* Sturtevant
28. *Drosophila neocardini* Streisinger
29. *Drosophila pallidipennis* Dobzhansky & Pavan
30. *Drosophila paraguayensis* Duda
31. *Drosophila paranaensis* Barros
32. *Drosophila paulistorum* Dobzhansky & Pavan
33. *Drosophila pictilis* Wasserman
34. *Drosophila polymorpha* Dobzhansky & Pavan
35. *Drosophila prosaltans* Duda
36. *Drosophila repleta* Wollaston
37. *Drosophila rosinae* Vilela
38. *Drosophila saltans* Sturtevant
39. *Drosophila senei* Vilela
40. *Drosophila serido* Vilela & Sene
41. *Drosophila seriema* Tidon-Sklorz & Sene
42. *Drosophila simulans* Sturtevant
43. *Drosophila sturtevanti* Duda
44. *Drosophila willistoni* Sturtevant
45. *Drosophila zottii* Vilela
46. *Neotanygastreia tricoloripes* Duda
47. *Rhinoleucophenga brasiliensis* (Lima) *Gitona brasiliensis*
48. *Rhinoleucophenga fluminensis* (Lima) *Gitona fluminensis*
49. *Zaprionus indianus* Gupta
50. *Scaptodrosophila latifasciaeformis* Duda
51. *Zygothrica orbitalis* Sturtevant
52. *Zygothrica vittamaculosa* Burla

## REFERÊNCIAS

- ASHBURNER, M. Entomophagous and other bizarre Drosophilidae. In: **The genetics and biology of Drosophila**, 3a. London: Academic Press, p. 395-429, 1981.
- AVONDET, J.; BLAIR, R. B.; BERG, D. J. & EBBERT, M. A. Drosophila (Diptera:Drosophilidae) response to changes in ecological parameters across an urban gradient. **Journal of Environmental Biology**, v. 32, p. 347-358, 2003.
- BÄCHLI, G. **TaxoDros: The database on taxonomy of Drosophilidae**. Consultado em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://taxodros.unizh.ch/> 2011.
- BENFIELD, S. L.; GUZMAN, H. M.; MAIR, J. M. Temporal mangrove dynamics in relation to coastal development in Pacific Panama. **Journal of Environmental Management**, v. 76, n. 3, p. 263-276, 2005.
- BREUER, M. E. & PAVAN, C. Genitalia masculina de *Drosophila* (Diptera) grupo *annulimana*. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 10, p. 469-488, 1950.
- BRNCIC, D.; BUDNIK, M. & GUIÑEZ, R. An analysis of a Drosophilidae community in central Chile during a three years period. **Zeitschrift für Zoologische Systematik und Evolutionsforschung**, v. 23, p. 909-100, 1985.
- CABRAL, W. B. M. **Varição temporal na abundância e na diversidade de Drosophilidae (Diptera, Insecta) em um Brejo de Altitude no município de Pernambuco**. 2010. 42 pp. Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco.
- CARSON, H. L. **The ecology of Drosophila breeding sites**. New York: Harold L-Lyon Arboretum Lecture, 27 p., 1971.
- CHAVES, N. B. & TIDON, R. Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) of the Brazilian savanna. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, p. 340-348, 2008.
- CITRÓN, G. & SCHAFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar**. 109 p. San Juan, Rostlac. 1983.
- DAVID J. R.; GIBERT P.; LEGOUT H.; CAPY P. and MORETEAU B. Isofemales lines in *Drosophila*: an empirical approach to quantitative trait analysis in natural populations. **Heredity**, v. 94, p. 3-12, 2005.
- DE TONI, D. C.; GOTTSCHALK, M. S.; CORDEIRO, J.; HOFMANN, P. P. R. & VALENTE, V. L. S. Study of the Drosophilidae (Diptera) communities on Atlantic Forest islands of Santa Catarina state, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 3, p. 356-375, 2007.
- DELABIE, J. H. C.; PAIM, V. R. L. M.; NASCIMENTO, I. C.; CAMPIOLO, S. & MARIANO, C. S. F. As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 602-615, 2006.
- FOURQUIREAN, J. W.; THOMAS, J.; SMITH, III.; JENNIFER POSSLEY; TIMOTHY, M. COLLINS, DAVID LEE; SANDRA NAMOFF. Are mangroves in the tropical Atlantic ripe for invasion? Exotic mangrove trees in the forests of South Florida. **Biol. Invasions**, v. 12, p. 2509-2522, 2010.
- GARCIA, A. C. L.; ROHDE, C.; AUDINO, G. F.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. Identification of the sibling species of the *Drosophila willistoni* subgroup through the electrophoretic mobility of acid phosphatase-1. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 44, p. 212-216, 2006.
- GARCIA, A. C. L.; VALITI, V.H.; GOTTSCHALK, M.S.; ROHDE, C. & VALENTE, V. L. S. Two decades of colonization of the urban environment of Porto Alegre, Southern Brazil, by *Drosophila paulistorum* (Diptera, Drosophilidae). **Iheringia, Sér. Zool.** v. 98, n. 3, p. 329-338, 2008.

- GOTTSCHALK, M. S.; De TONI, D. C.; HOFMANN, P. R. P. & VALENTE, V. L. S. Changes in Brazilian Drosophilidae (Diptera) assemblages across an urbanisation gradient. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 848-862, 2007.
- GOTTSCHALK, M. S.; HOFMANN, P. R. P. & VALENTE, V. L. S. Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brazil. **Check List**, v. 4, n. 4, p. 485-518, 2008.
- GOTTSCHALK, M. S.; BIZZO, L. E. M.; DÖGE, J. S.; PROFES, M. S.; HOFMANN, P. R. P. & VALENTE, V. L. S. Drosophilidae (Diptera) associated to fungi: differential use of resources in anthropic and Atlantic Rain Forest areas. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 99, p. 442-448, 2009.
- GRIMALDI, D. A. A phylogenetic, revised classification of genera in the Drosophilidae (Diptera). **Bull. Am. Mus. Nat. Hist.**, v. 197, p. 103- 268, 1990.
- HEED W. B. Genetic characteristics of island populations. **Univ Texas Publ Stud Gene**, v. 6205, p.173–206, 1962.
- KJERFVE, B. & LACERDA, L. A. **Mangroves of Brazil**. In: Lacerda L.D. (ed.). Conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa Regions. Part I. Latin America. ITTO/ISME, p: 245-272, 1993.
- KRIJGER, C. L. **Spatio-temporal heterogeneity and local insect diversity – a case study on neotropical *Drosophila* communities**. Leiden: Proefschrift Universiteit Leiden, 2000.
- LACERDA, L. D. Manguezais: Florestas e beira-mar. **Ciência Hoje**, v. 3, p. 2-24, 1984.
- LACERDA, L. D. **Brazil case study**. In: Principles for a code of conduct for the management and sustainable use of mangrove ecosystems. Aahrus:ISME/WB/CENTER, p. 31-35, 2005.
- LACERDA, L. D.; MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; BEZERRA, L. J. C. & MENEZES, M. O. T. Manguezais do Nordeste. **Ciência Hoje**, v. 39, n. 229, p. 24-29, 2006.
- LACERDA, L. D.; GODOY, M. D.; MAIA, L. P. Mudanças climáticas globais: caçando indicadores no Nordeste do Brasil. **Ciência Hoje**, v. 46, n. 272, p. 32-33-37, 2010.
- LACHAISE, D. & TSACAS, L. **Breeding-sites in tropical African drosophilids**. In Ashburner, M. et al. The genetics and biology of *Drosophila*. London: Academic Press. p. 221-332. 1983.
- LUCCHESI, M. E. P.; FLORES, F. E. V. & VALENTE, V. L. S. *Drosophila* as bioindicator of air pollution: Preliminary evaluation of the wild species *D. willistoni*. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 1, n. 1, p. 19-28, 2002.
- MACIEL N. C. **Mangrove preservation: past and present efforts**. In: Proceedings of the International Symposium on Utilization of Coastal Ecosystems: Planning Pollution, and Productivity. vol. 2. Rio Grande: Editora de FURG, pp. 77-98, 1989.
- MAIA, L. P.; LACERDA, L. D.; MONTEIRO, L. H. U. & SOUZA, G. M. **Atlas dos manguezais do Nordeste do Brasil: avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. SEMACE, Fortaleza, 125p. 2006.
- MAIA L. P.; LACERDA, L. D.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M. **Estudo das áreas de Manguezais do Nordeste do Brasil. Avaliação das áreas de Manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco**. Relatório Técnico, 56 p. 2005.
- MARTINS, M. B. **Drosophilid fruit-fly guilds in forest fragments**. In: Dierregaard Jr. et al. Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest. New Haven e London: Yale University Press, p 175-186, 2001.
- MARTINS, M. Variação espacial e temporal de algumas espécies e grupos de *Drosophila* (Diptera) em duas reservas de matas isoladas, nas vizinhanças de Manaus (Amazonas, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 3, p. 195-218, 1987.
- MATA, R. A., McGEOCH, M. & TIDON, R. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, p. 2899-2916, 2008.

- MEDEIROS, H. F. & KLACZKO, L. B. How many species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) remain to be described in the Forest of São Paulo, Brazil. Species list of three forest remnants, **Biota Neotropica**, v. 4, p. 1-12, 2004.
- MENEZES, MOIRAH P. M. & ULF MEHLIG. Manguezais: as florestas da Amazônia costeira, **Ciência Hoje**, v. 44, n 264, p. 34, 2009.
- MIZUGUCHI, Y. Preferência por substratos na ovoposição de *Drosophila* da Caatinga. **Revista Brasileira de Biologia**, v.38, p. 819-821, 1978.
- OLIVEIRA, G. F.; MELO, K. P. S.; GARCIA, A. C. L. & ROHDE, C. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an oceanic island of Pernambuco state, Brazil. **Drosophila Information Service**, v. 92, p. 18-20, 2009.
- PARSONS, P. A. Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global ecology and biogeography letters**, v. 1, p. 77-83, 1991.
- PAVAN, C. Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo** v. 221, p. 1-81, 1959.
- PEARSON, D. L. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London** 345: p. 75-79, 1994.
- PÉTAVY, G.; DAVID, J. R.; DEBAT, V.; GIBERT, P. & MORETEAU, B. Specific effects of cycling stressful temperatures upon phenotypic and genetic variability of size traits in *Drosophila melanogaster*. **Evolutionary Ecology Research**, v. 6, p. 873-890, 2004.
- POWELL, J. R. **Progress and Prospects in Evolutionary Biology: The Drosophila Model**. New York: Oxford University Press, 562 p. 1997.
- SAAVEDRA, C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES, S. M.; NAPP, M. & VALENTE, V. L. S. A descriptive and analytical study of four Neotropical drosophilid communities. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, v. 33, p. 62-74, 1995.
- SAMPAIO, E. V. S. B. Fitossociologia. In: Sampaio, E. V. S. B; Mayo, S. I; Barbosa, M. R. V. **Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso, perspectivas**. Recife, Sociedade Botânica do Brasil - Seção Regional de Pernambuco. p. 203-224. 1996.
- SANTOS, J. F.; RIEGER, T. T.; CAMPOS, S. R. C.; NASCIMENTO, A. C. C.; FÉLIX, P. T.; SILVA, S. V. O.; FREITAS, F. M. R. Colonization Northeast Region of Brazil by the drosophilid flies *Drosophila malerkotliana* and *Zaprionus indianus*, a new potential insect pest for Brazilian fruitculture. **Drosophila Information Service**, v. 86, p. 92-95, 2003.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CITRÓN, G. Status of mangrove research in Latin America and the Caribbean. **Boletim do Instituto Oceanográfico** (Universidade de São Paulo), v. 38, n. 1, p. 93-97, 1990.
- SCHMITZ, H. J.; VALENTE, V. L. S. & HOFMANN, P. R. P. Taxonomic Survey of Drosophilidae (Diptera) from mangrove forests of Santa Catarina island, Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 53-64, 2007.
- SCHMITZ, H. J.; HOFMANN, P. R. P. & VALENTE, V. L. S. Assemblages of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) in mangrove forests: community ecology and species diversity. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 100, n. 2, p.133-140, 2010.
- SENE, F. M.; VAL, F. C.; VILELA, C. R. & PEREIRA, M. A. Q. R. Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. **Pap. Avulsos Zool**, v. 33, p. 315-326, 1980.
- SILVA, D. M. I. O. **Levantamento taxonômico da fauna de Drosophilidae em ambientes de Floresta Atlântica e Caatinga do estado de Pernambuco, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Pernambuco, 90 p., 2010.

- SOUZA, M. M. A. & SAMPAIO, E. V. S. B. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após a construção do porto. **Acta bot. Bras**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2001.
- SPALDING, M.; BLASCO, F. & FIELD, C. **World mangrove atlas**. ISME. Okinawa. 178 p., 1997.
- STRICKBERGER, M. W. **Experiments in genetics with *Drosophila***. New York: John Wiley and Sons Inc, 1962.
- TIDON, R. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 87, p. 233-247, 2006.
- TIDON-SKLORZ, R. & SENE, F. M. **O gênero *Drosophila***, In: Brandão, C. R.; Canello, E. M. Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados terrestres. São Paulo: FAPESP, v. 5, p. 245-261, 1999.
- TOSI, D.; MARTINS, M.; VILELA, C. R. & PEREIRA, M. A. Q. R. On a new cave-dwelling species of bat guano-breeding *Drosophila* closely related to *D. repleta* Wollaston. **Revista Brasileira de Genética** v. 13, p. 19-31, 1990.
- TYSER, R. W. & WORLEY, C. A. Alien Flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National-Park, Montana (USA). **Conserv. Biol.**, v. 6, p. 253-262, 1992.
- VAL, F. C.; VILELA, C. R. & MARQUES, M. D. ***Drosophilidae* of the Neotropical Region**. In Ashburner, M. et al. *The genetics and biology of *Drosophila**. London: Academic Press, v. 3a, 429 p. 1981.
- VILELA, C. R. A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 27, p. 1-114, 1983.
- VILELA, C. R. Notes on the type-series of *Drosophila coffeata* Williston, with description of a new Neotropical species of the subgenus *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 28, p.59-64, 1984.
- VILELA C. R. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region? **Drosophila Information Service**, v. 82, p. 37-39, 1999.
- VALIELA, I.; BOWEN, J. L.; & YORK, J. K. Mangrove forests: one of the world's threatened major tropical environments. **BioScience**, v. 51, p. 807-815, 2001.
- VILELA, C. R.; PEREIRA, M. A. Q. & SENE, F. M. Preliminary data on geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains in Brazil. II. The *repleta* group. **Cienc. Cult**, v. 35, p. 66-70, 1983.

## **ANEXOS**

## Biological Journal of the Linnean Society

### Instructions

### for

### Authors

The Linnean Society publishes four periodicals: the **Biological, Botanical and Zoological Journals**, and *The Linnean*, the Society's newsletter and proceedings.

The *Biological Journal* publishes papers concerned with the process of organic evolution in the broadest sense. It particularly welcomes contributions that illustrate the unifying concepts of evolutionary biology with evidence, either observational or theoretical, from any relevant field of the biological sciences. We are especially keen to receive manuscripts on evolutionary genomics. Potential authors should be aware that papers on specialized subjects are discouraged and **we do not normally consider papers that include taxonomic descriptions of new species.**

**Papers for the journal should be no more than 12 000 words in length. It is expected that the majority of papers will not exceed 9000 words.**

Submissions to the Biological Journal are now made on-line using ScholarOne Manuscripts. To submit to the journal go to <http://mc.manuscriptcentral.com/bjls>. If this is the first time you have used the system you will be asked to register by clicking on 'create an account'. Full instructions on making your submission are provided. You should receive an acknowledgement within a few minutes. Thereafter, the system will keep you informed of the process of your submission through refereeing, any revisions that are required, and a final decision.

### Copyright

### assignment

Authors will be required to assign copyright in their paper to the Linnean Society of London. Copyright assignment is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless copyright has been assigned. **Authors can click here to download a copy of the [copyright assignment form](#). Please include the signed form when submitting a manuscript.** (Please note where work is carried out by an author in their capacity as an employee of a Company, it may be the case that copyright is held by the Company. In this case it is important to ensure that someone with suitable authority within that Company signs the Copyright Assignment Form, and that you tick box B. UK government employees should tick box B, noting that the title of the copyright holder is 'Crown copyright'. Employees of the US federal government should tick box C.)

### OnlineOpen

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive.

For the full list of terms and conditions, see [http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms)

Authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at: <https://onlinelibrary.wiley.com/onlineOpenOrder>

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Read more about Online Open [here](#).

### Author

### material

### archive

### policy

All original hardcopy artwork will be returned to authors after publication. **Please note that, unless specifically requested, Wiley-Blackwell will dispose of all electronic material and remaining hardcopy two months after publication.** If you require the return of any of this material, you must inform the editorial office upon submission.

### Offprints

A PDF offprint of the online published article will be provided free of charge to the corresponding author, and may be distributed subject to the Publisher's terms and conditions. Paper offprints of the printed published article may be purchased if ordered via the method stipulated on the instructions that will accompany the proofs.

### Manuscript

### preparation

Authors should aim to communicate ideas and information clearly and concisely, in language suitable for the moderate specialist. Papers in languages other than English are not accepted unless invited. When a paper has joint authorship, one author must accept responsibility for all correspondence; the full postal address, telephone and fax numbers, and e-mail address of the author who is to check proofs should be provided. **Please submit your manuscript in an editable format such as .doc or .rtf. If you submit your manuscript in a non-editable format such as PDF, this will slow the progress of your paper as we will have to contact you to request an editable copy.**

Papers should conform to the following general layout:

#### Title

#### page

This should include title, authors, institutions and a short running title. Authors should be aware that short snappy titles are more likely to catch the eye of the reader than long dull titles. Thus the title should be concise but informative. Where appropriate it should include mention of family or higher taxon in the form 'The evolution of the Brown Rat, *Rattus norvegicus* (Rodentia: Muridae)'. A subtitle may be included, but papers in numbered series are not accepted.

### Abstract

This must be on a separate page. The abstract is of great importance as it may be reproduced elsewhere, and is all that many may see of your work. It should be about 100-200 words long and should summarize the paper in a form that is intelligible in conjunction with the title. It should not include references. The abstract should be followed by up to ten keywords additional to those in the title (alphabetically arranged and separated by hyphens) identifying the subject matter for retrieval systems.

### Subject

matter

The paper should be divided into sections under short headings. Except in systematic hierarchies, the hierarchy of headings should not exceed three. The Botanical and Zoological Codes must be strictly followed. Names of genera and species should be printed in italic or underlined to indicate italic; do not underline suprageneric taxon names. Cite the author of species on first mention. Use SI units, and the appropriate symbols (mm, not millimetre;  $\mu\text{m}$ , not micron., s, not sec; Myr for million years). Use the negative index (m-1, l-1, h-1) except in cases such as 'per plant'). Avoid elaborate tables of original or derived data, long lists of species, etc.; if such data are absolutely essential, consider including them as appendices or as online-only supplementary material. Avoid footnotes, and keep cross references by page to an absolute minimum.

### References

We recommend the use of a tool such as [EndNote](http://www.endnote.com/support/enstyles.asp) or [Reference Manager](http://www.refman.com/support/rmstyles.asp) for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:  
<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:  
<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>

In the text, give references in the following forms: 'Stork (1988) said', 'Stork (1988: 331)' where it is desired to refer to a specific page, and '(Rapport, 1983)' where giving reference simply as authority for a statement. Note that names of joint authors are connected by '&' in the text. When papers are by three authors, use all names on the first mention and thereafter abbreviate to the first name *et al.* For papers by four or more authors, use *et al.* throughout.

The list of references must include all publications cited in the text but only these. Prior to submission, make certain that all references in the text agree with those in the references section, and that spelling is consistent throughout. In the list of references, titles of periodicals must be given in full, not abbreviated. For books, give the title, place of publication, name of publisher (if after 1930), and indication of edition if not the first. In papers with half-tones, plate or figure citations are required only if they fall outside the pagination of the reference cited. References should conform as exactly as possible to one of these four styles, according to the type of publication cited.

Burr FA, Evert RF. 1982. A cytochemical study of the wound-healing proteins in *Bryopsis hypnoides*. *Cytobios* 6: 199-215.

Gould SJ. 1989. *Wonderful life: the Burgess Shale and the nature of history*. New York: W.W. Norton.

Dow MM, Cheverud JM, Rhoads J, Friedlaender J. 1987b. Statistical comparison of biological and cultural/history variation. In: Friedlaender J, Howells WW, Rhoads J, eds. *Solomon Islands project: health, human biology, and cultural change*. New York: Oxford University Press, 265-281.

Gay HJ. 1990. The ant association and structural rhizome modifications of the far eastern fern genus *Lecanopteris* (Polypodiaceae). Unpublished D. Phil. Thesis, Oxford University.

Other citations such as papers 'in press' may appear on the list but not papers 'submitted', 'in review' or 'in preparation'. A personal communication may be cited in the text but not in the reference list. Please give the initials and surnames for all authors of personal communications and unpublished data.

In the case of taxonomic reviews, authors are requested to include full references for taxonomic authorities.

Give foreign language references in ordinary English alphabetic form (but copy accents in French, German, Spanish, etc.), if necessary transliterating in accordance with a recognized scheme. For the Cyrillic alphabet use British Standard BS 2979 (1958). If only a published translation has been consulted, cite the translation, not the original. Add translations not supplied by the author of the reference in square brackets.

### Tables

Keep these as simple as possible, with few horizontal and, preferably, no vertical rules. When assembling complex tables and data matrices, bear the dimensions of the printed page (225 × 168 mm) in mind; reducing typesize to accommodate a multiplicity of columns will affect legibility.

### Illustrations

These normally include (1) half-tones reproduced from photographs, (2) black and white figures reproduced from drawings and (3) diagrams. Use one consecutive set of Arabic numbers for all illustrations (do not separate 'Plates' and 'Text-figures' - treat all as 'Figures'). Figures should be numbered in the order in which they are cited in the text. Use upper case letters for subdivisions (e.g. Figure 1A-D) of figures; all other lettering should be lower case.

**Half-tones reproduced from photographs**

Increasingly, authors' original images are captured digitally rather than by conventional film photography. In

these cases, please use settings on your equipment for the highest possible image quality (minimum 300dpi).

Desktop technology now allows authors to prepare plates by scanning photographic originals and then labelling them using graphics programs such as Adobe Illustrator. These are acceptable provided:

Resolution is a minimum of 300 dpi at the final required image size. The labelling and any line drawings in a composite figure should be added in vector format. If any labelling or line drawings are embedded in the file then the resolution must be a minimum of 800 dpi. Please note that vector format labelling will give the best results for the online version of your paper.

Colour images are supplied in CMYK rather than RGB mode.

Electronic files are saved uncompressed as TIFF or EPS files.

In the case that it is not possible to provide electronic versions, please supply photographic prints with labelling applied to a transparent overlay or to a photocopy.

*Grouping and mounting:* when grouping photographs, aim to make the dimensions of the group (including guttering of 2 mm between each picture) as close as possible to the page dimensions of 168 × 225 mm, thereby optimizing use of the available space. Remember that grouping photographs of varied contrast can result in poor reproduction. If supplied as photographic prints, the group should be mounted on thin card. Take care to keep the surface of the prints clean and free of adhesive. Always provide overlays to protect the photographs from damage.

*Lettering and numbering:* If supplied as photographic prints, letters and numbers should be applied in the form of dry-transfer ('Letraset') letters, numbers, arrows and scale bars, but not measurements (values), to transparent overlays in the required positions, rather than to the photographs themselves; this helps to avoid making pressure marks on the delicate surface of the prints, and facilitates relabelling, should this be required. Alternatively, pencilled instructions can be indicated on duplicates or photocopies marked 'FOR LABELLING ONLY'. Self-adhesive labels should be avoided, but if they are used, they should not be attached directly to either photographs or overlays, but to photocopies, to indicate where they are to be positioned. Labelling will be inserted electronically by the typesetter in due course.

*Colour:* Online-only colour in figures is free of charge, however it is essential in these cases that the figure legends apply equally well to both printed greyscale and online colour versions, and do not specifically refer to the colour. Alternatively you can opt for paid full colour (see the Colour Work Agreement Form [here](#)), covering the full cost of reproduction, such that colour is used both in the hardcopy and online. In this case, legends may make reference to colour if necessary, such as for a key. If your paper is accepted and you have opted for paid full colour, we will need a completed Colour Work Agreement Form. **Colour illustrations will be published free of charge provided that the colour is deemed essential by the Editor for interpretation of the figure.**

**Black and white figures reproduced from drawings**

These should be scanned at a minimum resolution of 800 dpi and supplied in TIFF format. Please note that JPEG, Powerpoint and doc files are not suitable for publication. If it is not possible to provide electronic versions, the figures supplied should be in black ink on white card or paper. Lines must be clean and heavy enough to stand reduction; drawings should be no more than twice page size. The maximum dimensions of published figures are 168 × 225 mm. Scale bars are the most satisfactory way of indicating magnification. Take account of proposed reduction when lettering drawings; if you cannot provide competent lettering, it may be pencilled in on a photocopy.

#### **Diagrams**

In most instances the author's electronic versions of diagrams are used and may be re-labelled to conform to journal style. These should be supplied as vector format Encapsulated PostScript (EPS) files. Please note that diagrams or graphs will not reproduce well in the online version of your paper unless they are in vector format due to low maximum screen resolution.

Type legends for Figures in numerical order on a separate sheet. Where a 'key' is required for abbreviations used in more than one Figure, this should be included as a section of the main text.

Authors whose manuscripts contain large phylogenies, and who feel that these cannot be represented well in the standard page format, may opt to pay for fold-out pages as part of their article (see the Fold-Out Agreement Form [here](#)). Please note that fold-out pages will be included only with the Editor's agreement.

**Authors wishing to use illustrations already published must obtain written permission from the copyright holder before submitting the manuscript.** Authors may, in the first instance, submit good xerox or photographic copies of figures rather than the originals.

Detailed instructions on preparing illustrations in electronic form are available [here](#).

Authors may be charged for alterations at proof stage (other than printer's errors) if they are numerous.

#### **Supplementary**

#### **Material**

Authors wishing to submit material to be hosted as online supplementary material should consult the author guidelines

[here](#). Authors should note that the Editor may suggest that figures, tables, and lists not deemed necessary for the understanding of the paper should be published online as supplementary material.

*Please follow these guidelines carefully:*

- 2 Include all parts of the text of the paper in a single .doc or .rtf file. The ideal sequence is: (1) Header (running heads; correspondence; title; authors; addresses; abstract; additional keywords, etc.). (2) Body of article. (3) Acknowledgements. (4) References. (5) Figure Legends. (6) Tables (for each table, the legend should be placed before the body of the table). (7) Appendices.
- 3 Include all figure legends, and tables with their legends if available.
- 4 **Do not embed figures in the text file**
- 5 Do not use the carriage return (enter) at the end of lines within a paragraph.
- 6 Turn the hyphenation option off.
- 7 Specify any special characters used to represent non-keyboard characters.
- 8 Take care not to use l (ell) for 1 (one), O (capital o) for 0 (zero) or ß (German esszett) for ß (beta).

#### **Copyright**

Authors receiving requests for permission to reproduce work published by the Linnean Society should contact Wiley-Blackwell Publishing for advice.

#### **CrossCheck**

The journal to which you are submitting your manuscript employs a plagiarism detection system. By submitting your manuscript to this journal you accept that your manuscript may be screened for plagiarism against previously published works.

#### **Pre-submission**

#### **English-language**

#### **editing**

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found [here](#). All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

# *Drosophila Information Service*

...promoting open scientific communication since 1954



## Call for Papers

Submissions to Drosophila Information Service are welcome at any time. The annual issue now contains articles submitted during the calendar year of issue. Typically, we would like to have submissions by 15 December to insure their inclusion in the regular annual issue. Submissions in Microsoft Word, which is now the program we use for our page setup, are especially helpful. Submissions by email are also possible, but if they are sent as attached files, we have greatest success using MS Word or Rich Text Format. Pictures and line drawings should be as sharp and high contrast as possible. Where tables are concerned, it is useful to have a paper copy to facilitate accurate formatting. Details are given in the Guide to Authors.

## Guide to Authors

Drosophila Information Service prints short research, technique, and teaching articles, descriptions of new mutations, stock lists, directory information, and other material of general interest to *Drosophila* researchers. The current publication schedule for regular issues is annually, with the official publication date being December. The annual issue will include material submitted during the calendar year. To help us meet this target date, we request that submissions be sent by 15 December, but articles are accepted at any time. A receipt deadline of 31 December is a firm deadline, due to printer submission schedules. Electronic submissions are encouraged, and may be required for lengthy or complex articles.

Manuscripts, orders, and inquiries concerning the regular annual DIS issue should be sent to James Thompson, Department of Zoology, University of Oklahoma, Norman, OK 73019. Telephone (405)-325-4821; email [jthompson@ou.edu](mailto:jthompson@ou.edu); FAX (405)-325-7560.

**Submission:** Articles should be submitted electronically, if possible. Alternatively, we ask that a diskette be included with an article mailed to us. MS Word or Rich Text Formats are preferred. To help minimize editorial costs, proofs will not be sent to authors unless there is some question that needs to be clarified or they are specifically requested by the authors at the time of submission. The editor reserves the right to make minor grammatical and stylistic changes if necessary to conform to DIS format. If the article contains tables, line figures, or black and white half tones, we ask that a printed copy be mailed to us, even if the article is submitted electronically.

**Citation of References:** Citation should be by name and date in the text of an article (Smith, 1989; Jin and Brown, 1990; Waters *et al.*, 1990). At the end of the article, references should be listed alphabetically by senior author, listing all authors with initials, date, journal, volume and page numbers. Titles will not be included except for books, unpublished theses, and articles in press. An example format is:  
Waters, R.L., J.T. Smith, and R.R. Brown 1990, J. Genet. 47: 123-134.  
Green, R.L., 1998, Heredity 121: 430-442.

**Stock Lists, Specialized Bibliographies, and Long Technical Articles:** Long or complex material can generally not be accepted unless it is submitted electronically or on diskette, with a printed copy for editorial guidance. There is no technical staff for this journal, so all set up is done in person by the editors. We encourage submission of lists and other documentary material to complement presentations in other journals that might have more restrictive space limits or costs. That is, some have published the equivalent of an appendix in DIS, referencing the principal article in another journal. Special justification will, however, be needed for material like bibliographic lists that are now often readily available by other means.

**Figures and Tables:** Both line drawings and black and white half-tone illustrations will be accepted, but half-tones should be provided in high contrast black and white. We are currently unable to publish figures in color, and color originals seldom make attractive black and white half-tones. Tonal figures can also be submitted electronically, but resolution is often not as clear as when we are able to make professional half-tones from high contrast black and white photographs. All tables are retyped by us to fit a uniform style, and it is critical that all numbers and symbols be clearly arranged and legible.

## **Marine Biodiversity**

### Instructions for Authors

#### Manuscript submission Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

#### Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

#### Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

#### Title page Title Page

The title page should include: The name(s) of the author(s)

A concise and informative title; The affiliation(s) and address(es) of the author(s); The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author.

Abstract, Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords, Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text Text Formatting, Manuscripts should be submitted in Word. Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text. Use italics for emphasis. Use the automatic page numbering function to number the pages. Do not use field functions. Use tab stops or other commands for indents, not the space bar. Use the table function, not spreadsheets, to make tables. Use the equation editor or MathType for equations. Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead. Save your file in doc format. Do not submit docx files. • Word template Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX. • LaTeX macro package Headings. Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations, Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter. Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables. Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols. Always use footnotes instead of endnotes. Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific style Phylogenetic Systematics should be used to address relationships between organisms. Type specimens and illustrated material must be stored in an appropriate permanent museum institution. The name of the institution and the registration number must be indicated. A nomenclature act must strictly follow the International Code of Zoological or Botanical Nomenclature in its last version. GenBank accession numbers must be provided for genetic sequences. Genus and species names should be written in italics. Please always use internationally accepted signs and symbols for units, SI units.

## **References Citation**

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples: Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

#### Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Journal article Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8 Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted: Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 965:325–329

Article by DOI Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

Book South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal's name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see [www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php](http://www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php) For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel). **Figure Lettering** To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts). Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt). Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label. Avoid effects such as shading, outline letters, etc. Do not include titles or captions within your illustrations. **Figure Numbering** All figures are to be numbered using Arabic numerals. Figures should always be cited in text in consecutive numerical order. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.). If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately. **Figure Captions** Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file. Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type. No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption. Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs. Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption. **Figure Placement and Size** When preparing your figures, size figures to fit in the column width. For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm. For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm. **Permissions** If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used. **Accessibility** In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware) Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements) Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution of Euro 950 / USD 1.150 per article towards the extra costs.