

VOLUME 6, NÚMERO 2, OUTUBRO 2006

ISSN 1519-1982

# ***BIOLOGIA GERAL E EXPERIMENTAL***



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

SÃO CRISTÓVÃO

**BIOLOGIA GERAL E EXPERIMENTAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

**REITOR:** Josué Modesto dos Passos Subrinho

**VICE-REITOR:** Angelo Roberto Antonioli

**COMISSÃO EDITORIAL (UFS)**

Celso Morato de Carvalho  
(Editor)

Jeane Carvalho Vilar  
(Co-editor)

Stephen Francis Ferrari

Carlos Dias da Silva Júnior

Clóvis Roberto Pereira Franco

Adauto de Souza Ribeiro

Angelo Roberto Antonioli

**COMISSÃO EDITORIAL ASSOCIADA**

Adriano Vicente – Universidade Federal  
de Pernambuco, UFPE

Edson Fontes de Oliveira – Universidade  
Estadual de Maringá/Nupelia

Everton Amancio – Conselho Nacional  
de Desenvolvimento Científico e  
Tecnológico, CNPq

Francisco Filho de Oliveira –  
Universidade Federal da Paraíba,  
UFPB

**COMISSÃO DE REDAÇÃO**

Celso Morato de Carvalho

Jeane Carvalho Vilar

Everton Amancio

*Biologia Geral e Experimental* é indexada nas Bases de Dados: Latindex, Biosis Previews, Biological Abstracts e Zoological Record.

Edição eletrônica: ISSN 1980-9689.

[www.biologiageralexperimental.bio.br](http://www.biologiageralexperimental.bio.br)

Endereço: *Biologia Geral e Experimental*, Rua Alagoas 539 - Siqueira Campos, Aracaju-Se, 49075-030.

E-mail: [jcvilar@bol.com.br](mailto:jcvilar@bol.com.br) ou [cmorato@bol.com.br](mailto:cmorato@bol.com.br)

Aceita-se permuta.

## SUMÁRIO

- Educação ambiental no cotidiano escolar: prática pedagógica sobre o uso de agrotóxicos e meio ambiente. 5-10  
*Agna Rita dos Santos Rodrigues, Jeane Carvalho Vilar & Marcelo da Costa Mendonça*
- Período de atividade de morcegos da família Phyllostomidae do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe. 11-13  
*Jefferson Simanas Mikalauskas, Adriano Lúcio Peracchi, Sidney Feitosa Gouveia, Patricio Adriano da Rocha, Marcus Paulo Freitas Vasconcelos & Victor Villas-Boas Silveira*
- Determination of karyotypes and nuclear DNA content in frogs of the family Leptodactylidae. 14-23  
*Mithitaka Soma, Jorge Jim, Itamar Romano Garcia Ruiz & Radenka Francisca Batistic*
- Lamarck and Darwin: dogma, history and science. 24-31  
*Ilse Walker*
- Chaves para identificação de vetores das principais zoonoses de Sergipe. I. Diptera. 32-48  
*José Oliveira Dantas, Celso Morato de Carvalho & Jeane Carvalho Vilar*
- Chaves para identificação de vetores das principais zoonoses de Sergipe. II. Hemiptera. Siphonaptera. Basomatophora. 49-63  
*José Oliveira Dantas, Celso Morato de Carvalho & Jeane Carvalho Vilar*

# Biologia Geral e Experimental

Universidade Federal de Sergipe

Biol. Geral Exper., São Cristóvão, SE 6(2):5-10

30.x.2006

## EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO COTIDIANO ESCOLAR: PRÁTICA PEDAGÓGICA SOBRE O USO DE AGROTÓXICOS E MEIO AMBIENTE

*Agna Rita dos Santos Rodrigues<sup>1</sup>*

*Jeane Carvalho Vilar<sup>2</sup>*

*Marcelo da Costa Mendonça<sup>3</sup>*

### RESUMO

O estudo é um exercício de prática pedagógica voltada para educação ambiental, desenvolvida com a colaboração de 41 estudantes da 6a. série do ensino fundamental no município de Rio Real, Bahia. A eficácia do exercício foi verificada através de duas avaliações com os estudantes, intercaladas por atividades educativas (palestras e apresentações de painéis) sobre o tema do exercício: agrotóxicos e o ambiente. Antes das atividades foi solicitado aos estudantes que respondessem a 8 questões de múltipla escolha sobre o tema. Após as atividades os estudantes responderam as mesmas questões. O acerto de respostas a 4 questões sobre predadores de cultivares foi significativamente maior depois das atividades; nas respostas a 4 questões sobre os efeitos dos agrotóxicos a maioria dos estudantes escolheu a alternativa apropriada antes e depois das atividades. Os estudantes entre 15-18 anos de idade maracaram menos alternativas erradas ou incompletas do que seus colegas entre 11-14 anos.

**Palavras-chave:** educação ambiental, agrotóxicos, prática pedagógica.

### ABSTRACT

The study is an exercise of pedagogic practice on environmental education, undertaken with the collaboration of 41 sixth-grade students in the municipality of Rio Real, Bahia. The efficacy of the exercise was verified through two evaluations with the students, intercalated by educative activities (talks and panels presentations) on the theme, agrototoxics and the environment. Before the activities the students were asked to answer 8 multiple choices questions on the theme. After the activities, the students answered the same questions. The correct answers to 4 questions on predators of cultivars were significantly better after the activities; to the answers of 4 questions on the effects of agrototoxics, the majority of the students chose the proper alternative before and after the activities. The students between 15-18 years old indicated the wrong or incomplete questions less than their colleagues between 11-14 years.

**Keywords:** environmental education, agrototoxics, pedagogic practice.

### INTRODUÇÃO

As propostas pedagógicas voltadas para a educação ambiental são compostas por ações que visam estimular a capacidade de avaliação e participação do educando, além de propiciar o aumento do conhecimento obtido pela educação formal

e fortalecer a dimensão que inclui a cidadania no processo educativo (Gadotti, 2000; Jacobi, 2003). Os temas relevantes para as práticas sobre educação ambiental estão geralmente associados às realidades regionais, o que aumenta a motivação do educando para participar das atividades. Na parte sobre meio ambiente os Parâmetros Curriculares Nacionais põem

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (Departamento de Biologia).

<sup>2</sup>Faculdade Pio Décimo, Campus III, Aracaju, Sergipe, jcvilar@bol.com.br.

<sup>3</sup>Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe/Embrapa, Se.

em evidência a comunidade (e esta não é dissociada das diferenças regionais), argumentando ser nesta que o indivíduo desenvolve a maioria das suas atividades produtivas e criativas (Brasil, 1998a, 1998b).

O presente exercício é uma prática pedagógica voltada para a educação ambiental, desenvolvida com estudantes do ensino fundamental, cujo tema é agrotóxicos e meio ambiente. O objetivo é contribuir para o aumento do conhecimento através da educação participativa e mudança de comportamento. Escolhemos o tema porque na região onde o exercício foi desenvolvido agrotóxicos são muito utilizados e os jovens convivem com esta prática.

#### MATERIAL E MÉTODOS

**Participantes do estudo:** A prática pedagógica foi realizada durante 10 dias alternados, com 41 estudantes da 6a. série do ensino fundamental da Escola Municipal Antônio Guimarães de Carvalho, município de Rio Real, Bahia (37°56'W, 11°29'S).

**Atividades educativas:** As atividades educativas formaram a base para as avaliações da prática pedagógica e consistiram de palestras sobre agrotóxicos e exposição de painéis relacionados ao tema para os estudantes. Os painéis, cedidos pela Embrapa, apresentavam equipamentos de proteção individual para aplicação de agrotóxicos, coleções entomológicas, hábitos e controle de insetos em plantações. Junto aos painéis também estavam disponíveis cartilhas sobre o tema e artigos científicos. Em complemento às atividades educativas, os estudantes visitaram cultivos da região que utilizam agrotóxicos.

**Avaliações das atividades educativas:** Aos estudantes foi solicitado que respondessem duas vezes a um mesmo questionário contendo 8 questões de múltipla escolha; cada vez correspondeu a uma

avaliação. A primeira foi feita sem que o assunto agrotóxicos e ambiente tivesse sido discutido com os estudantes; a segunda depois que eles participaram das atividades educativas relacionadas ao tema.

**Estatística:** A verificação da homogeneidade das respostas entre as alternativas de cada questão, antes e depois de os estudantes terem participado das atividades educativas, foi feita através de qui-quadrado, nível de significância 5% (Zar, 1996:483).

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conceitos relacionados aos agrotóxicos e o ambiente foram bem discutidos com os estudantes durante o exercício, com base na literatura sobre o tema (e.g. Chisté & Có, 2003; Tristão, 2004; Oliveira-Silva *et al.*, 2001; Peres, 1999; Peres *et al.*, 2000; Pimentel, 1996; Araujo *et al.*, 2000; Branco, 2003). Com relação ao questionário que os estudantes responderam, verificamos que em 4 questões (1 a 4), relacionadas à predação de cultivos, as respostas mais apropriadas foram assinaladas por um número significativamente maior de estudantes depois das atividades educativas. Nas outras 4 questões (5 a 8), relacionadas aos efeitos dos agrotóxicos, o número de alunos que assinalaram as alternativas mais apropriadas não foi significativamente diferente antes e depois das atividades educativas.

A primeira questão apresentava alternativas com organismos isolados associadas à predação de plantações, como insetos, vírus, fungos e bactérias. Uma das alternativas agrupava todos os organismos, no sentido que todos estes potencialmente podem causar danos a plantações. Depois das atividades educativas as respostas assinalando a alternativa dos organismos agrupados foram significativamente maiores (Tabela 1).

A segunda questão apresentava alternativas sobre as práticas agrícolas inovadoras para o controle

de organismos prejudiciais aos cultivares (Tabela 2). Dentre estas alternativas, a mais apropriada relacionava o controle biológico como a melhor prática para garantir um cultivar com predadores controlados. O número de respostas contemplando esta alternativa foi maior após as atividades educativas. Entretanto, dentre as alternativas desta questão, o uso de agrotóxico foi considerado pelos estudantes como prática agrícola inovadora, mesmo depois de terem participado das palestras e painéis que mostraram as limitações e alternativas ao uso de agrotóxicos. Outro aspecto que constava nesta questão foi com relação à supressão da vegetação nativa de áreas próximas aos cultivares. Embora esta ação seja altamente impactante, os estudantes assinalaram homogeneamente esta alternativa, antes e depois das atividades educativas. Estes temas foram discutidos com os estudantes, mas para parte deles prevaleceu o conhecimento popular.

Na terceira questão, sobre o controle de pragas (Tabela 3), havia uma alternativa sobre o conhecimento do comportamento dos insetos e seus hábitos. Esta alternativa destacava-se sobre as outras, que eram informar-se com funcionário de estabelecimento comercial ou pesquisar (por conta própria) aspectos sobre produtos agrotóxicos. Uma alternativa considerava todas as outras erradas. As frequências das respostas assinalando a alternativa sobre conhecimento do comportamento e habitats dos insetos, como atividade que auxilia a controlar predadores de cultivares, foram significativamente maiores depois das atividades educativas. Apesar desta significância, chamou a nossa atenção o fato de aproximadamente 40% dos alunos julgarem equivocadamente correto pedir informações a funcionários ou pesquisar (por conta própria) produtos agrotóxicos e aplicá-los. Estes conhecimentos adquiridos fora da escola, na vivência do dia-a-dia com amigos e familiares, exerce uma pressão muito forte e cala profundamente no indivíduo. Instado a opinar, esta vivência pode prevalecer na construção da idéia sobre o assunto.

A quarta questão, que não estava diretamente relacionada com predadores de cultivares, dizia respeito ao correto uso de agrotóxicos na propriedade rural (Tabela 4). Antes das atividades educativas a maioria dos estudantes respondeu como alternativa correta aplicar agrotóxicos pela manhã e na direção contrária ao vento. Após as atividades aumentou significativamente a proporção de estudantes que identificaram como correto aplicar agrotóxicos no fim da tarde e na direção do vento.

No Brasil é alarmante a falta de conhecimento sobre os malefícios causados por agrotóxicos, somado ao desconhecimento dos produtos (Branco, 2003). As causas das contaminações com agrotóxicos estão principalmente relacionadas ao desrespeito às normas básicas de segurança, livre comercialização, pressão comercial e problemas sociais do meio rural (Pimentel, 1996; Peres, 1999). A Organização Mundial da Saúde (1990), estima que no mundo cerca de 3 milhões de pessoas são contaminadas anualmente por agrotóxicos, com cerca de 220 mil mortes. Dessas, 70% ocorrem nos países em desenvolvimento, por contato direto com pesticidas ou através de alimentos. Um estudo realizado na zona rural de Magé, Rio de Janeiro, mostrou que numa amostra de 55 pessoas ligadas à agricultura, 25 estavam contaminadas por agrotóxicos (Oliveira-Filho *et al.*, 2001).

Nas demais questões, relacionadas aos efeitos dos agrotóxicos e proteção, não foi significativamente diferente o número de estudantes que marcou as alternativas mais apropriadas antes e depois das atividades didáticas. Com relação à quinta questão, a maioria dos estudantes assinalou a alternativa que conceituava agrotóxicos como produto químico utilizado para controlar pragas, tanto antes como depois das atividades educativas (Tabela 5). Da mesma forma ocorreu na sexta questão, com relação aos problemas ambientais decorrentes do uso excessivo dos agrotóxicos (Tabela 6); antes e depois das atividades educativas a maioria dos estudantes respondeu que agrotóxicos causam problemas

ambientais. As frequências de respostas dadas pela maioria dos estudantes na sétima questão, sobre danos causados aos humanos quando em contato com os agrotóxicos, também não foram significantes antes e depois das atividades (Tabela 7). O mesmo ocorreu na oitava questão, sobre os equipamentos de proteção para aplicar agrotóxicos (Tabela 8).

Com relação à idade, os estudantes de 11-14 anos marcaram menos as alternativas mais apropriadas do que seus colegas de 15-18 anos (Tabela 9). Este resultado talvez esteja relacionado à maior dispersão dos estudantes mais jovens, além disso muitos estudantes entre 15-18 anos já trabalham no campo e têm mais contato com os agrotóxicos.

Duas observações que fizemos merecem ser comentadas. Uma é com relação ao segundo grupo de respostas (Tabelas 5-8), nas quais a maioria dos estudantes assinalaram homogeneamente as alternativas mais apropriadas antes e depois das atividades educativas. Isto mostra, sem surpresas, que os estudantes têm contato sobre o tema, seja na escola, ou no dia-a-dia. A outra observação, que se desdobra da anterior, é com relação a algumas alternativas assinaladas pelos estudantes, nas quais prevaleceu mais o conhecimento popular, embora equivocado. Há que se preservar o conhecimento popular como cultura regional, mas há que também ser oferecido às comunidades um conhecimento com base mais sólida, calcado no saber científico. Na região estudada, as atividades de educação ambiental devem ter continuidade e ser aprimoradas, não só com relação à preocupação ambiental e fortalecimento do processo de formação da cidadania, mas também oferecer aos estudantes conhecimentos científicos com base na realidade da comunidade, conforme as recomendações contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais.

**Agradecimentos:** Agradecemos à direção da Escola Municipal Antônio Guimarães de Carvalho, município de Rio Real, Bahia, pelo apoio; em especial, agradecemos aos estudantes da 6a. série do ensino fundamental, que prontamente aceitaram colaborar na execução deste exercício.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, A.C.P., D.P. Nogueira & L.G.S. Augusto, 2000. Impacto de praguicidas na saúde: o estudo da cultura de tomate. **Revista de Saúde Pública** 34:309-313.
- Branco, M.C. 2003. Avaliação do conhecimento do rótulo dos inseticidas por agricultores em uma área agrícola do Distrito Federal. **Horticultura Brasileira** 21(3):570-573.
- Brasil, 1998a. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Secretaria da Educação Fundamental, MEC/SEF, Brasília-DF.
- Brasil, 1998b. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Terceiro e Quarto Ciclos: Apresentação dos Temas Transversais**. Secretaria da Educação Fundamental, MEC/SEF, Brasília-DF.
- Chisté, A.M.D. & W.L.O. Có, 2003. Percepção ambiental de uma comunidade pomerana em relação ao uso de agrotóxicos. **Natureza on line** 1(1):7-11.
- Gadotti, M. 2000. Perspectivas atuais da educação. **São Paulo em Perspectiva** 14(2):3-11.
- Jacobi, P. 2003. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, Fundação Carlos Chagas 118:189-205.
- Oliveira-Silva, J.J., S.R. Alves, A. Meyer, F. Peres, P.N. Sarcinelli, R.C.O.C. Mattos & J.C. Moreira, 2001. Influências de fatores socio-econômicos na contaminação por agrotóxicos, Brasil. **Revista de Saúde Pública** 35(2):130-135.
- Organização Mundial da Saúde, 1990. **Public health impact of pesticides used in agriculture**. OMS-Nações Unidas, Genebra 128 p.
- Peres, F. 1999. É veneno ou é remédio? Os desafios da comunicação rural sobre agrotóxicos. **Dissertação de Mestrado**, Escola Nacional de Saúde Pública- Fiocruz 178p.
- Peres, F., B. Rozemberg, S.R. Alves, J.C. Moreira & J.J. Oliveira-Silva, 2001. Comunicação relacionada ao uso de agrotóxicos em região agrícola do Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Saúde Pública** 35(6):564-570.
- Pimentel, D. 1996. Green revolution agriculture and chemical hazards. **The Science of the Total Environment** 188(1):S86-S98.
- Tristão, M. 2004. Saberes e fazeres da educação ambiental no cotidiano escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental** 0:47-55.
- Zar, J.H., 1996. **Biostatistical analysis**. 3<sup>rd</sup>. ed. Prentice Hall, New Jersey 662p. + Tabs.

Aceito: 9.v.2006

Tabela 1: Proporções de respostas sobre o conhecimento de pragas. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Pragas					Total
	Insetos somente	Fungos e Bactérias somente	Vírus somente	Todos os citados	Nenhuma das Alternativas	
Antes	4 (2)	10 (8,5)	3 (1,5)	22 (28)	2 (1)	41
Depois	0 (2)	7 (8,5)	0 (1,5)	34 (28)	0 (1)	41
Total	4	17	3	56	2	82

 $\chi^2_{0.05;4} = 12.1008; 0.01 < p < 0.05$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 2: Proporções de respostas sobre as práticas agrícolas alternativas para o controle de pragas. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Práticas Agrícolas Alternativas					Total
	Uso de agrotóxicos	Uso de Inimigos Naturais	Rotação de Culturas	Retirada da vegetação nativa	Nenhuma das Alternativas	
Antes	16 (17)	5 (9)	9 (5)	10 (9,5)	1 (0,5)	41
Depois	18 (17)	13 (9)	1 (5)	9 (9,5)	0 (0,5)	41
Total	34	18	10	19	1	82

 $\chi^2_{0.05;4} = 12.0084; 0.01 < p < 0.05$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 3: Proporções de respostas sobre o controle de pragas. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Controle de Pragas				Total
	Pesquisar quais os produtos	Conhecer o comportamento, habitat	Pedir informação a um funcionário de uma loja	Nenhuma das alternativas	
Antes	15 (11,5)	3 (14)	22 (15)	1 (0,5)	41
Depois	8 (11,5)	25 (14)	8 (15)	0 (0,5)	41
Total	23	28	30	1	82

 $\chi^2_{0.05;3} = 26.9494; p < 0.01$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 4: Proporções de respostas sobre a aplicação dos Agrotóxicos. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Aplicação dos Agrotóxicos				Total
	No fim da tarde, na direção do vento	Ao meio dia e contra a direção do vento	Contra a direção do vento e pela manhã	Nenhuma das alternativas	
Antes	8 (18,5)	5 (3)	24 (17)	1 (1)	41
Depois	29 (18,5)	1 (3)	10 (17)	1 (1)	41
Total	37	6	34	2	82

 $\chi^2_{0.05;3} = 20.3503; p < 0.01$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 5: Proporções de respostas sobre definição de agrotóxicos. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Definição de Agrotóxicos				Total
	Produto químico que cura doenças das plantações	Substância que ajuda a curar doenças em seres humanos	Produto químico utilizado para controlar pragas	Nenhuma das alternativas	
Antes	8 (6,5)	1 (1)	31 (32,5)	1 (1)	41
Depois	5 (6,5)	1 (1)	34 (32,5)	1 (1)	41
Total	13	2	65	2	82

 $\chi^2_{0.05;3} = 0.8308; p > 0.05$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 6: Proporções de respostas sobre os danos ao Meio Ambiente decorrente do uso indevido de agrotóxicos. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Danos ao Meio Ambiente				Total
	Não traz problemas ao meio ambiente	Causa desequilíbrio entre as espécies	Pode trazer problemas à Natureza	Nenhuma das alternativas	
Antes	8 (7)	17 (20)	12 (11)	4 (3)	41
Depois	6 (7)	23 (20)	10 (11)	2 (3)	41
Total	14	40	22	2	82

 $\chi^2_{0.05;3} = 2.0342; p > 0.05$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 7: Proporções de respostas sobre os danos ao homem, decorrentes do uso indevido de agrotóxicos. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Danos ao homem				Total
	Nada, pois os agrotóxicos só atacam as pragas das plantações	Pode causar irritação e morte	Ajudar a prevenir as doenças no homem também	Nenhuma das alternativas	
Antes	4 (3,5)	30 (32)	5 (4)	2 (1,5)	41
Depois	3 (3,5)	34 (32)	3 (4)	1 (1,5)	41
Total	7	64	8	3	82

 $\chi^2_{(0.05;3)} = 1.2262; p > 0.05$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 8: Proporções de respostas sobre equipamentos de proteção individual em relação ao uso de agrotóxicos. Rio Real - BA, 2005.

Práticas	Equipamento de Proteção Individual				Total
	Qualquer roupa pois os agrotóxicos não afetam o homem	Com roupas compridas que protege seu corpo	Usando roupas especiais para essa finalidade (EPI)	Nenhuma das alternativas	
Antes	1 (0,5)	7 (6,5)	33 (33,5)	0 (0,5)	41
Depois	0 (0,5)	6 (6,5)	34 (33,5)	1 (0,5)	41
Total	1	13	67	1	82

 $\chi^2_{0.05;3} = 2.0918; p > 0.05$ 

( ) Freqüência esperada

Tabela 9: Proporções de respostas corretas em relação a faixa etária. Rio Real - BA, 2005.

Faixa Etária	Acertos	Erros	Total
11 a 14 anos	117 (126,7805)	67 (57,2195)	184
15 a 18 anos	109 (99,2195)	35 (44,7805)	144
Total	226	102	328

 $\chi^2_{0.05;1} = 5,8558; 0,01 < p < 0,05$ 

( ) Freqüência esperada

# Biologia Geral e Experimental

Universidade Federal de Sergipe

Biol. Geral Exper., São Cristóvão, SE 6(2):11-13

30.x.2006

## PERÍODO DE ATIVIDADE DE MORCEGOS DA FAMÍLIA PHYLLOSTOMIDAE DO PARQUE NACIONAL SERRA DE ITABAIANA, SERGIPE

*Jefferson Simanas Mikalauskas*<sup>1</sup>  
*Adriano Lúcio Peracchi*<sup>1</sup>  
*Sidney Feitosa Gouveia*<sup>2</sup>  
*Patrício Adriano da Rocha*<sup>2</sup>  
*Marcus Paulo Freitas Vasconcelos*<sup>2</sup>  
*Victor Villas-Boas Silveira*<sup>2</sup>

### RESUMO

Relatamos os períodos de atividades de cinco espécies de morcegos da família Phyllostomidae do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, durante setembro de 2003 a janeiro de 2004. Dois períodos foram analisados em cada noite de coleta: 1800-2400 horas e 2400-0530 horas. Os indivíduos foram mais frequentes nas primeiras três horas da noite, mas apresentaram picos de atividades até 2200 horas, com exceção de *Artibeus cinereus*, cujo pico foi às 2300 horas.

**Palavras-chave:** morcegos, Phyllostomidae, atividade, Sergipe.

### ABSTRACT

We report the activity periods of five bat species of the family Phyllostomidae from the Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, from September 2003 to January 2004. Two periods were analysed in each collecting night: 1800-2400 hours and 2400-0530 hours. Individuals were more frequent in the first three hours of the night, but showed peaks of activities up to 2200 hours, with exception of *Artibeus cinereus*, whose peak was at 2300 hours.

**Keywords:** bats, Phyllostomidae, activity, Sergipe.

### INTRODUÇÃO

A atividade noturna da maioria das espécies de morcegos começa ao pôr-do-sol e pode se estender até a madrugada, aparentemente de forma contínua (Ésberard & Bergallo, 2005). Entretanto, durante um levantamento de morcegos em Sergipe, nós observamos que as espécies pareciam ocorrer de forma

descontínua entre as primeiras horas da noite e a madrugada. Para verificar esta possibilidade, nós observamos as atividades dos indivíduos de cinco espécies de filostomídeos, com o objetivo de contribuir com dados que possam ser comparados com outros estudos sobre períodos de atividades de morcegos e horários de coletas (e.g. Reis, 1984; Reis & Peracchi, 1987; Esberard & Bergallo, 2005; Sipinski, 1995).

<sup>1</sup>Laboratório de Mastozoologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 23890-000, jsimanas@hotmail.com.

<sup>2</sup>Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 49100-000.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Área de Estudo:** A pesquisa foi realizada no PN Serra de Itabaiana (10°40'S, 37°25'W), localizado no contato da mata atlântica e a caatinga de Sergipe (Carvalho & Vilar, 2005).

**Coletas:** Foram empregadas 200 horas/rede entre setembro de 2003 e janeiro de 2004, divididas em quatro dias de coletas mensais na lua nova. Os morcegos foram coletados com 5 redes de neblina medindo 2,5 metros de altura por 8 (duas), 5 (duas) e 12 (uma) metros de comprimento. As redes foram estendidas pouco antes das 1800 horas, nas clareiras e matas de riachos. Até as 2400 horas as redes eram vistoriadas a cada 15 minutos, depois às 0530 horas do dia seguinte.

**Amostras:** Foram analisadas cinco espécies com mais de 10 exemplares coletados, para permitir análise estatística: *Artibeus cinereus*, *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata*, *Loncophylla mordax* e *Platyrrhinus lineatus*.

**Análise dos dados:** Comparou-se o número de indivíduos coletados em duas categorias, 1800-2400 horas e 2400-0530 horas. A homogeneidade entre as categorias foi verificada através de qui-quadrado (Zar 1996), nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proporção de indivíduos das cinco espécies coletadas nas primeiras horas da noite até 2400 horas foi pelo menos três vezes maior do que durante a madrugada, até 0530 horas (Tabela 1). Com relação ao início das atividades, *A. lituratus*, *C. perspicillata*, *L. mordax* e *P. lineatus* apareceram logo ao anoitecer, às 1800 horas; *A. cinereus* após 2000 horas.

O pico de atividades de *A. cinereus* foi às 2300

horas; *A. lituratus* tem atividade crescente, maior às 22:00 horas; *C. perspicillata* tem dois picos, um às 1900 horas, outro às 2300 horas; *P. lineatus* tem atividade crescente entre 1800 e 2000 horas. Após meia noite diminuiu o número de exemplares coletados.

Os períodos de atividades dos morcegos aqui relatados também o foram por Reis (1984) e Reis & Peracchi (1987), na região de Manaus, podendo ocorrer picos de maior atividade. Padrão de atividades em picos também foi relatado por Marques (1985), no Parque Nacional da Amazônia, rio Tapajós.

Brown (1968), LaVal (1970) e Fleming *et al.* (1972) relataram que morcegos neotropicais apresentam maior atividade durante as seis primeiras horas da noite, com pico nas três primeiras. Coletas nestas três primeiras horas seriam suficientes para estudos de ecologia de quirópteros (Sipinski, 1995)

As cinco espécies de filostomídeos de Sergipe também apresentaram atividades crescentes nas três primeiras horas, mas quatro espécies tiveram seus picos de atividade após as três primeiras horas da noite, indicando que para estudos ecológicos há necessidade de mais horas de coletas. Neste nosso estudo, apesar de as coletas terem se estendido durante toda a noite, na madrugada as redes não foram monitoradas para observar possíveis novos picos. Esbérard & Bergallo (2005) sugerem que há outros picos durante a madrugada e observaram similaridade na abundância e riqueza das espécies coletadas nas duas partes da noite. Não temos uma explicação razoável para estes resultados diferentes do que os encontrados por nós em Sergipe, as diferenças podem estar relacionadas aos métodos de coleta, oferta de alimento ou fatores físicos, como luminosidade, temperatura e umidade.

**Agradecimentos:** Agradecemos à Valdineide Barbosa de Santana e equipe do Parque Nacional Serra de Itabaiana, pelo apoio logístico nos trabalhos de campo; ao professor Clóvis Roberto Pereira Franco, pelo apoio na Universidade Federal de Sergipe; ao pesquisador Celso Morato de Carvalho, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela ajuda durante toda a execução do projeto. Este estudo é parte da dissertação de mestrado de JSMikalauskas, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

## REFERÊNCIAS

- Brown, J.H. 1968. Activity patterns of some neotropical bats. **Journal of Mammalogy** 49(4):754-757.
- Carvalho, C.M. & J.C. Vilar, 2005. Introdução – Levantamento da biota do Parque Nacional Serra de Itabaiana, pp. 9-14. *In: Parque Nacional Serra de Itabaiana – Levantamento da Biota* (C.M. Carvalho & J.C. Vilar, Coord.). Biologia Geral e Experimental, Universidade Federal de Sergipe e Ibama 131p.
- Esbérard, C.E.L. & H.G. Bergallo, 2005. Coletar morcegos por seis ou doze horas a cada noite? **Revista Brasileira de Zoologia** 22(4):1095-1098.
- Fleming, T.H., E.T. Hooper & D.E. Wilson, 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. **Ecology** 53(4):555-569.
- LaVal, R.K. 1970. Banding returns and activity periods of some Costa Rican bats. **Southwestern Naturalist** 15(1):1-10.
- Marques, S.A. 1985. Novos registros de morcegos do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), com observações do período de atividade noturna e reprodução. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Zoologia 2(1):71-83.
- Reis, N.R. 1984. Estrutura de comunidades de morcegos na região de Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Biologia** 44:247-254.
- Reis, N.R. & A.L. Peracchi. 1987. Quirópteros da Região de Manaus, Amazonas, Brasil. (Mammalia, Chiroptera). **Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi, Série Zoologia** 3(2):161-182.
- Zar, J.H. 1996. **Biostatistical Analysis**. 3<sup>rd</sup>. ed. Prentice Hall, New Jersey 662p. + Tabs.

Aceito: 10.vi.2006

Tabela 1: Proporção de indivíduos coletados entre 18:00 -24:00 horas e 2400-0530 horas.

	18:00 - 24:00		24:00 - 05:30		Qui-quadrado	gl	H <sub>0</sub>
	ob	esp	ob	esp			
<i>A. cinereus</i>	8	8.3	2	1.6	0.083 n.s	1	5:1
<i>A. lituratus</i>	37	36.75	12	12.25	0.006 n.s	1	3:1
<i>C. perspicillata</i>	19	20.25	8	6.75	0.308 n.s	1	3:1
<i>L. mordax</i>	11	11.2	3	2.8	0.076 n.s	1	4:1
<i>P. lineatus</i>	48	47.2	15	15.8	0.053 n.s	1	3:1

ob, observado    esp, esperado    gl, graus de liberdade    n s, não significante    H<sub>0</sub>, hipótese nula

# Biologia Geral e Experimental

Universidade Federal de Sergipe

Biol. Geral Exper., São Cristóvão, SE 6(2):14-23

30.x.2006

## DETERMINATION OF KARYOTYPES AND NUCLEAR DNA CONTENT IN FROGS OF THE FAMILY LEPTODACTYLIDAE

*Mithitaka Soma*<sup>1</sup>

*Jorge Jim*<sup>2</sup>

*Itamar Romano Garcia Ruiz*<sup>3</sup>

*Radenka Francisca Batistic*<sup>4</sup>

### ABSTRACT

Nuclear DNA content and karyotypes were analyzed in 18 species of anurans from the family Leptodactylidae. The most frequent diploid number was  $2n = 22$  (14 species), although two species had  $2n = 26$  and two polyploid species had  $4n = 44$  and  $8n = 104$ . The nuclear DNA content of these species was quite variable, ranging from  $2.73 \pm 0.03$  pg/N to  $26.92 \pm 0.33$  pg/N (picograms per nucleus), but the majority of the species (11) had values between 3 and 5 pg/N. Nuclear DNA content varied among species with the same chromosome number, and even between different populations of a given species. This indicates that the genetic content of anurans can change without altering the species' diploid number, and independently from alterations in chromosome morphology. These variations are associated with speciation, and could represent an intermediate stage of this process.

**Key words:** nuclear DNA, DNA content, cytogenetics, Leptodactylidae, Anura.

### RESUMO

Foram estudados o conteúdo de DNA nuclear e a composição cariotípica de 18 espécies de anuros da família Leptodactylidae. O número diplóide mais freqüente foi  $2n = 22$  (14 espécies), embora duas espécies tivessem  $2n = 26$  e duas espécies poliplóides tivessem  $4n = 44$  e  $8n = 104$ . O conteúdo de DNA nuclear destas espécies foi bastante variável, entre  $2,73 \pm 0,03$  pg/N e  $26,92 \pm 0,33$  pg/N (picogramas por núcleo), mas a maioria das espécies (11) tiveram valores entre 3 e 5 pg/N. O DNA nuclear variou entre as espécies com o mesmo número de cromossomos, e mesmo entre populações diferentes de mesma espécie. Isto indica que o conteúdo genético de anuros pode mudar sem alteração do número diplóide das espécies e independentemente de alterações morfológicas dos cromossomos. Estas variações estão associados à especiação, podendo representar um estágio intermediário deste processo.

**Palavras-chave:** DNA nuclear; conteúdo de DNA, citogenética, Leptodactylidae, Anura.

### INTRODUCTION

The Leptodactylidae is one of the richest anuran families in terms of species number. However, few species have been studied with regard to karyotype or

nuclear DNA content. Some species of this family, such as *Leptodactylus ocellatus*, are cultivated in frog farms, given the quality of their meat. A question of economic importance is whether there is a relationship between the body size of species and its nuclear DNA

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Biológicas da PUC-Campinas, São Paulo e Laboratório de Herpetologia, Instituto Butantan, São Paulo, msoma@butantan.gov.br

<sup>2</sup>Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, São Paulo, jjim@ibb.unesp.br

<sup>3</sup>Laboratório de Genética, Instituto Butantan, São Paulo, Itamruiz@butantan.gov.br

<sup>4</sup>Laboratório de Herpetologia, Instituto Butantan, São Paulo, radenka@butantan.gov.br

content. In leptodactylids,  $2n = 22$  is the most common diploid number, and  $2n = 26$  the second most common. Other diploid numbers are restricted to a few species or species groups (Beçak, 1968; Batistic, Beçak & Vizotto, 1969; Batistic *et al.*, 1970; Batistic, 1970; Bogart, 1974).

Polyloid species also occur in this family. One is *Odontophrynus americanus*, which has  $4n = 44$  (Beçak, Beçak & Rabello, 1966). Two species of *Pleurodema* present  $4n = 44$  (Barrio & de Chieri, 1970), *Ceratophrys dorsata* (today *C. aurita*) has  $8n = 104$  (Beçak, Beçak & Rabello, 1967) and *Ceratophrys ornata* (Bogart, 1967) is  $8n = 104$ . Polyploidy is one of the most prominent examples of chromosomal rearrangements that can cause abrupt post-meiotic isolation in both animals and plants, which lead to the origin of new species (King 1993). Polyploidy is relatively common in anurans, having arisen independently in a number of different lineages. At present, at least 40 species of polyploid anurans have been identified. These species belong to seven families: Bufonidae, Hylidae, Leptodactylidae, Microhylidae, Myobatrachidae, Pipidae and Ranidae (King, 1990; Kuramoto, 1990).

Living organisms suffer constant environmental pressure, which molds the genetic alterations accumulated in the members of a given population. Mirsky & Ris (1949) and Boivin, Vendrely & Vendrely (1984) established that the quantity of DNA per nucleus is constant and characteristic, and can distinguish one species from another (Vendrely, 1955). Based on this premise, we analyzed the DNA content and karyotype of eighteen species of the family Leptodactylidae, belonging to distinct genera and subfamilies, and different populations of each species.

#### MATERIAL AND METHODS

The specimens were either collected or obtained from a number of localities in southern South America

(see Table 1), from 1970 to 1980. Males predominate in our samples because collection was carried out at night, guided by the males' mating calls.

In the laboratory, each specimen received an intraperitoneal injection of 1% colchicine, at 0.1 ml per 10 grams body weight (Beçak, Beçak & Rabello, 1966). After two hours, the animal was anesthetized with ether. Blood was then removed by heart puncture with heparin for the blood smear, which was used for the quantification of nuclear DNA. The animal was subsequently dissected, and the intestine, spleen, and gonads were removed for karyotyping. The specimens were preserved in 70% ethanol, and deposited in the collection of the Genetics Laboratory of the Butantan Institute.

#### Cytological preparations for chromosomal analysis (squashing technique)

Fragments of intestine, spleen, and male gonads were hypotonized in cool distilled water for 15 minutes, then fixed in 50% acetic acid for 15 minutes. Next, the fragments were spread onto a glass slide, covered with a coverslip, and placed between sheets of filter paper, onto which pressure was exerted. After immersion in dry ice and absolute ethanol, the coverslip was removed with the aid of a steel blade. Slides were dried at room temperature for at least 24 hours, then hydrolyzed for 10 minutes in HCl 1N, washed in tap water for 10 minutes, and finally stained with Giemsa 2% in phosphate buffer for 5 to 10 minutes.

#### Cytological preparations for cytophotometry

Eight slides were hydrolyzed for each specimen, and three control slides were prepared as follows: blood smear of *Bufo ictericus*, kidney of *Rattus norvegicus* and human lymphocytes. The *Rattus* kidney slides were made by cutting the kidney into fragments of 1 to 2 mm, which were fixed in 4:1 methanol:acetic acid solution for one hour. Gentle

squashing was then applied, in order to release the cells from the tissue. Only individual cells were considered for the cytophotometry measures. Human lymphocytes were obtained from pellet smears of leukocytes and fixed in 4:1 methanol:acetic acid solution. Anuran blood smears were prepared and air-dried, fixed with methanol for 3 minutes, and stored until use.

The eight slides taken from each specimen were hydrolyzed in HCl 1N at 60°C, in a water bath, for 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 and 16 minutes, respectively, dipped in freezing distilled water, then washed in tap water for 15 minutes (Soma, 1981), air dried for two hours and Feulgen stained in the dark, for one hour. Next, they were washed in 10% sulfurous water, with three 5-minutes baths, washed in tap water for 15 minutes, left to dry for 2 hours and mounted with Permount. The cytophotometric readings were carried out the following day in a Zeiss MPM scanning cytophotometer, at  $\lambda = 540$  nm with 0.5 mm steps, utilizing an immersion objective 100X/1,30 and optavar 1,6X.

Measurements were made in absorbance and the cytophotometer was connected to a Facit 4070 perforator. The punched tape was analyzed on an HP computer. The slide with the largest absorption value was chosen (most of the leptodactylid species had a hydrolysis peak in the 8 to 12 minutes range), and its hydrolysis time was used to repeat the process with another two or three slides, together with the control slides, varying hydrolysis time by about one minute. After analysis in the cytophotometer, the slide that presented the greatest absorption value in picogramas (pg) was chosen, given that known DNA values for the *Rattus* kidney and human lymphocytes are also in pg (Vendrey, 1955; McCarthy, 1969; Soma, 1981).

Thirty-six nuclei from each slide were analyzed, resulting in a spatial distribution of values (Figure 1) indicating the absorption values, that is, the distribution of DNA in the nucleus. Each value represents the mean of eight measurements of the field

analyzed at 0.5 mm steps. A filter on the computer program eliminated the absorption values of the cytoplasm less than 0,009 units; a pilot experiment indicated those values to correspond to background levels.

## RESULTS

Results are summarized in Table 1. Within each subfamily, there is a certain homogeneity with regard to the haploid number ( $n = 11$  for Leptodactylinae, Eleutherodactylinae and Telmatobinae,  $n = 13$  for Cycloramphinae and  $n = 11$  or  $n = 13$  for Ceratophryinae). Variation in chromosome number is due basically to the occurrence of polyploidy in two species, *Odontophrynus americanus*, with diploid ( $2n = 22$ ) and tetraploid ( $4n = 44$ ) populations and *Ceratophrys aurita*, which is octoploid ( $8n = 104$ ).

Despite the overall consistency in chromosome numbers, morphology is quite diverse, but is most similar between closely related species. By contrast, the nuclear DNA content varied among different populations of the same species, or even within a single population, as in the case of *Ceratophrys aurita* from Santo Amaro, a suburb of São Paulo. Intrageneric variation was also found. In *Eleutherodactylus*, for example, which was homogeneous in terms of chromosome number, there is a 350% difference in nuclear DNA content across species. The most common values in diploid leptodactylids are observed in the 3pg/N to 5pg/N range. The subfamilies Eleutherodactylinae and Telmatobinae presented the highest values.

Cellular cytoplasmatic and nuclear volumes were measured from erythrocytes of the polyploid species (*C. aurita* and *O. americanus*), diploid species *O. cultripes* and *O. americanus* (diploid populations). Taking the value of the diploid *O. americanus* from Serra do Cipó as the baseline, the relationship between these values was evaluated (Table 2). Cellular, nuclear

and cytoplasmic volumes all increase as nuclear DNA content increases, but in all cases, DNA content increases at a higher rate. The estimated value of DNA in picograms refers to the value known as 2C, because it was measured in somatic tissues (nucleated erythrocytes of circulating blood), therefore in diploid nuclei (or tetraploid or octoploid nuclei in the case of the polyploid species).

## DISCUSSION

Genomic duplication is an important mechanism in evolution, which generates diversity and organism complexity (Keller & Gerhardt, 2001). The evidence suggests that two duplications occurred in the genome at the origin of the vertebrates, with a third duplication occurring in the Actinopterygean lineage, which gave rise to modern fish (Meyer & Schartl, 1999). However, as emphasized by Cavalier-Smith (1985), the forty-fold variation in the number of genes that code for proteins is insufficient to justify an increase in the size of the eukaryote genome of up to 80,000 times. The relationship between nuclear DNA content and the complexity of organisms is still under debate, as is its role in both macroevolutionary and microevolutionary mechanisms. DNA content varies considerably, even among closely related organisms. Up to a point, increased complexity of an organism is reflected in increased nuclear DNA. Vertebrates have at least one hundred times more DNA than bacteria, which in turn have at least one hundred times more than bacteriophages. The variation is also enormous within each group, however. In the amphibians, for example, *Amphiuma* presents 168 pc/N, in comparison with 8.9 pc/N in *Bufo regularis* (Rees & Jones, 1972).

In amphibians, there is considerable variation in DNA content, reaching high levels, mainly in Urodela, and slightly lower ones in the anurans. This variation may be linked to the fact that the amphibians were the first vertebrates to conquer the terrestrial environment,

given that redundant DNA would be free to suffer mutations, some of which could favor adaptation to new environments. The long-term accumulation of mutations may have led to increased complexity of structures and metabolism, giving rise to new life forms. Species richness is greater in tropical regions, and Brazilian anurans are distributed in different environments with unique climatic characteristics and vegetation, which aid in the diversification of the species.

Carvalho *et al.* (2002) found up to 79% variation in the nuclear DNA content of fish of the genus *Astyanax* (Tetragonopterinae, Characidae). The species with the lowest content (*A. altiparanae*) presented a value of  $2.09 \pm 0.15$  pg/N, whereas *A. scabripinnis* returned a value of  $3.74 \pm 0.13$  pg/N, despite the fact that both species have the same chromosome number ( $2n = 50$ ). In plants, Asif-Javed *et al.* (2001) recorded a nuclear DNA content of  $1.41 \pm 0.01$  pg/N in *Musa violascens* ( $2n = 20$ ) and  $1.13 \pm 0.01$  pg/N in *Musa balbisiana* ( $2n = 22$ ), emphasizing the lack of a clear relationship between chromosome number and nuclear DNA.

We found a similar situation in the family Leptodactylidae. For example, *Physalaemus albonotatus* ( $2n = 22$ ) and *Cycloramphus duseni* ( $2n=26$ ) presented practically the same amount of nuclear DNA ( $3.96 \pm 0.07$  pg/N and  $3.83 \pm 0.06$  pg/N, respectively), despite the difference in chromosome number. We also found no relationship between chromosome number, nuclear DNA content and body size. For example, diploid ( $2n = 22$ ) and tetraploid ( $4n = 44$ ) individuals of *Odontophrynus americanus* are indistinguishable in external morphology, even though the tetraploid individuals have double the amount of nuclear DNA.

There was little variation in chromosome number in the diploid species, although nuclear DNA content increased from 2.73 pg/N in *Leptodactylus ocellatus* to 26.92 pg/N in *Eleutherodactylus binotatus*. The latter species presents correspondingly

larger chromosomes, given that both species are  $2n = 22$ . There is little variation, overall, in the diploid number of anurans, although morphological rearrangements and changes in the genomic constitution may be common. Karyotypic analysis shows morphological variation, which indicates the loss or gain of fragments (deletions, duplication of segments, with or without translocations) as well as centric fusion and fission.

Of the leptodactylid subfamilies, Telmatobinae is the most stable, karyotypically, and Eleutherodactylinae the most variable. The diploid number in the Eleutherodactylinae varies progressively from 18 to 36 (Bogart, 1970, 1973, 1981; Beçak & Beçak, 1974). Three species of *Eleutherodactylus* studied here, all  $2n = 22$ , presented considerable variation in nuclear DNA content. *Eleutherodactylus cubanus* had the lowest value of  $7.63 \pm 0.27$  pg/N, *E. guentheri* a slightly higher value of  $8.21 \pm 0.12$  pg/N, whereas *E. binotatus* presented a relatively high value, of  $26.92 \pm 0.33$  pg/N. The presence of a multivalent chromosome in meiosis of specimens from the continent, together with the high amount of nuclear DNA, led Beçak & Beçak (1974) to consider this a polyploid species that had lost most of the characteristics of the polyploidization process. However, other processes of DNA duplication could have occurred. Segments of DNA could have suffered intrachromosome duplications, altering their morphology, but it is also possible that some segments were duplicated in more than one chromosome and multivalent chromosomes formed by pairing.

Several studies suggest that  $2n = 26$  is the ancestral diploid number in Leptodactylidae (Morescalchi, 1973, Bogart, 1974), and all other modern anuran families. Even if the hypothesis of an ancestral number of  $2n = 26$  for modern Anura is accepted, the possibility that Leptodactylidae had an ancestral number of  $2n = 22$  cannot be discarded as a karyotype of  $2n = 26$  could have been recomposed with posterior modifications. The almost total absence

of  $2n = 24$  in the family is intriguing, although an early dichotomy is unlikely because there are  $2n = 22$  and  $2n = 26$  species in practically all leptodactylid subfamilies. This indicates that these dichotomies occurred later, repeatedly, in each subfamily.

The Eleutherodactylinae are especially interesting, because the group has undergone an extensive adaptive radiation, and is currently distributed throughout the New World. It is difficult not to relate this dispersion to the exceptional karyotypic plasticity of the subfamily – shown in the present study and other data – in terms of chromosome morphology or DNA content.

According to Roth, Dicke & Wishikawa (1992), alterations in the size of the amphibian genome mainly involve satellite DNA, factors of metabolic and ontogenetic importance in their adaptive reproductive strategies. Amphibians that live in warmer regions have smaller amounts of DNA to allow for quicker development. For example, *L. ocellatus* from Recife, PE has 2.73 pg, whereas the individual from Praia Grande (SP) has 3.21 pg (Table 1). Goin, Goin & Bachmann (1968) and Oeldorf, Nishioka & Backmann (1978) observed a reasonably constant relationship between the amount of nuclear DNA and the duration of a species's tadpole stages. Species with reduced DNA content usually live in environments with little water and develop faster than those that inhabit more humid regions. Van't Hof & Sparrow (1963) proposed that, with increased DNA, the duration of the mitotic cycle also increases, so that there is an inverse relationship between DNA content and the rate of oxidative metabolism. Batistic, Beçak & Beçak (1973) also found an increase in the duration of replication in the polyploid anuran *O. americanus* compared to the diploid species.

Other explanations – such as telomeric repetitions (Shippen & McKnight, 1998) – have been presented for the variation in DNA content, the so-called C content paradox. Grime & Mowforth (1982) suggested a relationship between genomic DNA

content and ecological variation in British flora. They suggested that the selective force determining the relationship between genome size and growth season results in a differential cellular division and expansion at low temperatures. Species that grow in low temperatures have large cells and nuclear volumes and high DNA content, although the mechanism that determines the relationship between cell size and nuclear volume remains unknown (Asif-Javed, Mark & Othman, 2001). In the present study, nuclear volumes were larger in *O. americanus* 4n from Uruguay and *O. americanus* 2n from Serra do Cipó than in the same species (2n and 4n) from Poços de Caldas, which has a much warmer climate. There was little variation among sites in cytoplasmatic and cell volumes, however.

In the present study, polyploidy was recorded only in species of the subfamily Ceratophryinae, although as these species have different haploid numbers, it seems likely that at least two events of polyploidy occurred independently. The two individuals of *C. aurita* from Santo Amaro – presumably from the same population – are surprisingly different from each other, with a 39% difference in the DNA per nucleus. As the number of chromosomes is the same, and no differentiated sex chromosomes are present in the species, DNA fragments must have been either lost or gained through rearrangements. As no values of nuclear DNA content are available for the *Ceratophrys* species with  $2n = 26$ , it is not possible to identify the original DNA content duplicated by polyploidy. This discrepancy may be related to the excess of DNA in this species, which implies in greater potential for the loss of segments. The loss of a given segment would be less deleterious because other homologous segments would be present, guaranteeing the metabolic functions of the individual.

This interpretation has important evolutionary implications. Once polyploidy is established, and individuals can breed, the availability of excess DNA

may be adaptively advantageous, especially in the context of the colonization of new habitats. This conclusion is supported by *O. americanus*, given that the tetraploid species has a wide geographical distribution in comparison with the restricted range of the diploid species (Ruiz, 1980; Ruiz, Soma & Beçak, 1981). None of the other classes of vertebrates have species that can be identified reliably as polyploid, although there is evidence of remnants in fish. While polyploidy has likely occurred in other vertebrates, more rigid regulatory mechanisms may have limited its establishment. Polyploid fetuses are known to be unviable in humans, for example.

Despite the small number of leptodactylid species analyzed here, considerable variation in DNA content was found, even in individuals of the same species. In *L. ocellatus*, the specimen from Praia Grande had 17.5% more DNA than the one from Recife. The individuals of *O. americanus* 2n from Guapiara and Paranapanema had about 26.5% more DNA than those from Córdoba in Argentina. Variation was even more accentuated in *O. americanus* 4n. Uruguayan specimens from Santa Lúcia and Montevideo had 39% and 25% more DNA, respectively, than those from Cotia and Poços de Caldas. The greatest difference of all – 253% – was recorded in the genus *Eleutherodactylus*, between *E. cubanus* and *E. binotatus* (both  $2n = 22$ ) from Boraceia. Surprisingly, the amount of DNA in *E. binotatus*, a diploid species, is larger than that in the octoploid species, which suggests that mechanisms other than polyploidy may increase DNA content in anurans, without altering chromosome numbers. The C banding, applied to *E. guentheri* and *E. binotatus*, revealed large heterochromatic blocks in all the centromeres and pericentromeric regions of the former, and relatively little heterochromatin in the latter, restricted to the centromeres and some of the interstitial regions (R.F. Batistic, unpublished data). Cytologically, then, this excess DNA is not inactivated. The diploid chromosome number of the most widely

distributed species also varied in association with this variation in DNA content.

Heteromorphic sexual chromosomes are rare in anurans, and were not found in any of the species analyzed here. It is likely that an absence of differentiation in the sexual chromosomes is an important mechanism for the establishment of polyploidy, by avoiding sexual anomalies in the offspring.

We propose that the mechanisms determining the considerable variation in DNA content in anurans are adaptive because of the evolutionary plasticity it offers, hindering the barriers imposed by the chromosome number stability. While there is not as yet an explanation for this behavior (the chromosome number stability), once this restriction is slackened, a great number of variants of the modal number of the genus or family appear. The best example here is the genus *Eleutherodactylus*, but there are other examples in the Leptodactylidae, such as *Pseudopaludicola* (Batistic, Beçak & Vizotto, 1969, Batistic *et al.*, 1970; Batistic, 1970), in which the diploid number varies progressively from  $2n = 16$  to  $2n = 22$ . Alterations in chromosome numbers may result in a range of evolutionary possibilities for a species. This is based on the increase in recombination events propitiated by both the numeric variation of chromosomes and the rearrangement of genes. Recent advances in our knowledge of gene function, organization and regulation support this interpretation.

Further understanding of genetic mechanisms will permit more detailed analysis of the evolutionary implications of alterations in DNA content. What does seem clear at this point is that the mechanisms are different in different types of organisms, perhaps even at the intra-generic level.

**Acknowledgements:** We are indebted to Dr. Gerhard Malnic, Dr. Francisco Lacaz de M. Vieira, Dr. A.M.A. Massola and Dr. J.S.C. Martine for assistance with the computation of data. This study was sponsored in part by CNPq and FAPESP.

## REFERENCES

- Asif-Javed, M., C. Mack, & R.Y. Othman, 2001. Characterization of indigenous *Musa* species based on flow cytometric analysis of ploid and nuclear DNA content. **Caryologia** 54(2):161-168
- Barrio, A. & P.R. Chieri, 1970. Estudios citogeneticos sobre el genero *Pleurodema* y sus consecuencias evolutivas (Amphibia, Anura, Leptodactylidae). **Physis** 30:309-319.
- Batistic, R.F. 1970. Estudo cromossômico e mecanismos de especiação em *Pseudopaludicola* (Leptodactylidae, Anura). **Dissertação de Mestrado**, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Batistic, R.F., M.L. Beçak & L.D. Vizotto, 1969. Variação cromossômica no gênero *Pseudopaludicola* (Anura). **Ciência e Cultura** 21:260.
- Batistic, R.F., M.L. Beçak, W. Beçak, & L.D. Vizotto, 1970. Especiação e variação cariotípica em *Pseudopaludicola* (Amphibia, Anura). **Resumos da XXII Reunião da SBPC** E-72.
- Batistic, R.F., W. Beçak & M.L. Beçak, 1973. DNA autoradiographic patterns in diploid, triploid and tetraploid amphibians (Ceratophrydidae). **Citologia** 38:687-697.
- Beçak, M.L. 1968. Chromosomal analysis of eighteen species of Anura. **Caryologia** 21:191-208.
- Beçak, M.L., W. Beçak & M.N. Rabello, 1966. Cytological evidence of constant tetraploidy in the bisexual South American frog *Odontophrynus americanus*. **Chromosoma** 19:188-193.
- Beçak, M.L., W. Beçak & M.N. Rabello, 1967. Further studies on polyploid amphibians (Ceratophrydidae). I. Mitotic and meiotic aspects. **Chromosoma** 22:192-201.
- Beçak, M.L. & W. Beçak, 1974. Diploidization in *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae, Amphibia). **Experientia** 30:624-625
- Bogart, J.P. 1967. Chromosomes of the South American amphibian family Ceratophrydidae with a reconsideration of the taxonomic status of *Odontophrynus americanus*. **Canadian Journal of Genetics and Cytology** 9:531-542.
- Bogart, J.P. 1970. Los cromosomas de anfibios anuros del genero *Eleutherodactylus*. **Acta del IV Congreso Latino de Zoología** 1:65-78.
- Bogart, J.P. 1973. Evolution of anuran karyotypes, pp. 337-349. *In: Evolutionary Biology of Anurans* (J.L. Vial, Ed.). University of Missouri Press.
- Bogart, J.P. 1974. A karyosystematic study of frogs in the genus *Leptodactylus* (Anura: Leptodactylidae). **Copeia** 728-737.
- Bogart, J.P. 1981. Chromosome studies in *Sminthillus* from Cuba and *Eleutherodactylus* from Cuba and Puerto Rico

- (Anura: Leptodactylidae). **Life Sciences Contributions** 129:1-22.
- Boivin, A., R. Vendrely & C. Vendrely, 1948. Biochimie de l'hérédité – L'acid desoxyribonucléic du noyau cellulaire, dépositaire des caractères héréditaires, arguments d'ordre analytique. **Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences** 226:1061.
- Carvalho, M.L., C. Oliveira, M.C. Navarrete, O. Froehlich & F. Foresti, 2002. Nuclear DNA content determination in Characiformes fish (Teleostei, Ostariophysi) from the Neotropical region. **Genetics and Molecular Biology** 25(1):49-55.
- Cavalier-Smith, T. 1985. Eukaryote gene numbers, non-coding DNA and genome size, pp.1-19. *In: The evolution of genome size* (T. Cavalier-Smith, Ed.). John Wiley & Sons.
- Goin, D.B., C.J. Goin & K. Bachmann, 1968. DNA and Amphibian life history. **Copeia** 1968:532-540.
- Grime, J.P. & M.A. Mowforth, 1982. Variation in genome size and ecological interpretation. **Nature** 229:151-153.
- Keller, M.J. & H.C. Gerhardt, 2001. Polyploid alters advertisement call structure in gray treefrogs. **Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences** 268:341-345.
- King, M. 1993. **Species Evolution: The Role Chromosome Change**. Cambridge University Press.
- Kuramoto, M. 1990. A list of chromosome numbers of anuran amphibians. **Bulletin of Fukuoka University of Education Part III Mathematics, Natural Sciences and Technology** 39:83-127.
- McCarthy, B.J. 1969. The evolution of base sequences in nucleic acids, pp.3-20. *In: Handbook of molecular cytology* (L. Faria, Ed.). North-Holland Publishing Company.
- Meyer, A.A. & M.M. Schartl, 1999. Gene and genome duplication in vertebrates: the one-to-four (-to- eight in fish) rule and the evolution of novel gene functions. **Current Opinion in Cell Biology** 11:699-704.
- Mirsky, A.E. & H. Ris, 1949. Variable and constant components of chromosome. **Nature** 163:666.
- Morescalchi, A. 1973. Amphibia, pp.233-348. *In: Cytotaxonomy and Vertebrate Evolution* (A.B. Chiarelli & E. Capanna, Eds.). Academic Press.
- Oeldorf, E., M. Nishioka & K. Bachmann, 1978. Nuclear DNA amounts and developmental rate in holarctic anura. **Sonderdruck aus Zeitschrift fuer Zoologische Systematik und Evolutionsforschung** 16:216-224.
- Rees, D.B. & R.N. Jones, 1972. The origin of the wide species variation in nuclear DNA content. **International Review of Cytology** 32:53-92.
- Roth, G., U. Dicke & K. Nishikawa, 1992. How do ontogeny and physiology of sensory systems constrain and direct the evolution of Amphibians? **American Naturalist** 139:105-124.
- Ruiz, I.R.G. 1980. Heterocromatina constitutiva e organizadores nucleolares em anfíbios do gênero *Odontophrynus*. **Tese de doutorado**, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Ruiz, I.R.G., M. Soma & W. Beçak, 1981. Nucleolar organizer regions and constitutive heterochromatin in polyploid species of the genus *Odontophrynus* (Amphibia, Anura). **Cytogenetics and Cell Genetics** 29:84-98.
- Shippen, D.E. & T.D. Mc Knight, 1998. Telomeres, telomerases and plant development. **Trends in Plant Science** 3:126-130.
- Soma, M. 1981. Variabilidade do conteúdo de DNA nuclear em alguns anfíbios Anura. **Tese de doutorado**, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- Vant't Hof, J. & A.H. Sparrow, 1963. A relationship between DNA content, nuclear volume and minimum mitotic cycle time. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 49:897-902.
- Vendrely, R. 1955. The deoxyribonucleic acid content of the nucleus, pp.155-180. *In: The nucleic acids* (E. Chargaff & J.N. Davidson, Eds.). Academic Press.

Animal Number 4903 Experiment Number 310 Researcher Number 1

```

15 19 15 10
19 44 56 49 39 19
12 38 59 69 76 77 55 26 11
32 50 60 74 79 77 77 69 36 11
44 63 65 67 70 71 73 77 66 27
42 65 69 69 68 67 73 78 84 46 14
24 64 75 78 75 75 81 83 81 78 39
14 57 72 79 85 86 84 82 85 86 62 19
41 69 76 89 84 77 76 85 87 75 46 12
19 65 79 85 81 71 70 83 88 80 69 27
43 79 87 81 76 77 81 83 89 81 45 10
17 55 75 81 85 87 83 82 89 82 56 16
30 64 74 83 86 85 85 87 80 64 29
12 49 71 81 85 87 88 88 79 72 56 15
17 57 75 81 86 88 89 84 76 65 33
24 63 79 82 84 86 85 77 67 39
34 65 75 79 79 77 78 68 40
24 51 74 74 68 70 56 26
14 30 42 53 46 29 12
14 17 19 14
    
```

Number of counts  
193

Total DNA  
11710.0000

Mean  
60.6736

Mean confidence interval 95%  
57.1936 64.1535

Mean standard deviation  
1.7755

Standard deviation  
24.6657

Variance  
608.3984

Figure 1. Numerical representation of the nuclear DNA distribution inside a nucleus, after a punch sheet decodification by HP or IBM-1130 Computer.

Table 1. Nuclear DNA content in the eighteen species of the family Leptodactylidae (Amphibia Anura).

Subfamily	Species	Nr.	ploidy / Chrs Nr	DNA/N	Collecting locality
Ceratophryinae	<i>Ceratophrys aurita</i>	1M	8n=104	16,28 ± 0,09	Paralheiros, Santo Amaro, SP
	<i>Ceratophrys aurita</i>	1F	8n=104	22,71 ± 0,06	Jd. Das Palmas, Santo Amaro, SP
	<i>Macrogenioglottis alipioi</i>	1M	2n=22	3,38 ± 0,04	Juquiá, SP
	<i>Odontophrynus americanus</i>	2M	2n = 22	3,52 ± 0,03	Serra do Cipó, MG
	<i>O. americanus</i>	4M	2n = 22	4,02 ± 0,03	Guapiara, SP
	<i>O. americanus</i>	5M	2n = 22	4,02 ± 0,06	Holambra, Paranapanema, SP
	<i>O. americanus</i>	3M	2n = 22	3,18 ± 0,07	Córdoba, Argentina
	<i>O. americanus</i>	3M	4n = 44	7,10 ± 0,07	Poços de Caldas, MG
	<i>O. americanus</i>	2M	4n = 44	7,08 ± 0,10	Cotia, SP
	<i>O. americanus</i>	3M	4n = 44	8,84 ± 0,31	Montevideo, Uruguay
	<i>O. americanus</i>	3F	4n = 44	9,85 ± 0,25	Santa Lucia, Uruguay
	<i>O. carvalhoi</i>	2M	2n = 22	4,46 ± 0,05	Maracás, BA
	<i>O. cultripes</i>	4M	2n = 22	3,65 ± 0,11	Belo Horizonte MG
	<i>O. moratoi</i>	2M	2n = 22	5,45 ± 0,06	Rubião Jr., Botucatu, SP
	<i>O. occidentalis</i>	3F	2n = 22	3,02 ± 0,03	La Rioja, Argentina
	<i>O. occidentalis</i>	3M	2n = 22	3,76 ± 0,04	Mendoza, Argentina
Cycloramphinae	<i>Cycloramphus duseni</i>	1F	2n = 26	3,83 ± 0,06	Gruta Gurutuva, Iporanga, SP
	<i>Zachaeus parvulus</i>	1M	2n = 26	3,41 ± 0,03	Nova Iguaçu, RJ
Eleutherodactylinae	<i>Eleutherodactylus binotatus</i>	1F	2n = 22	26,92 ± 0,33	Boracéia, SP
	<i>E. güentheri</i>	1	2n = 22	8,21 ± 0,12	Boracéia, SP
	<i>E. cubanus</i>	1	2n = 22	7,63 ± 0,27	Boracéia, SP
Leptodactylinae	<i>Leptodactylus mystaceus</i>	3M	2n = 22	4,02 ± 0,08	Botucatu, SP
	<i>L. ocellatus</i>	3M	2n = 22	2,84 ± 0,12	Lajeado, Botucatu, SP
	<i>L. ocellatus</i>	2M	2n = 22	2,73 ± 0,03	Cid. Universitária, Recife, PE
	<i>L. ocellatus</i>	1F	2n = 22	3,21 ± 0,02	Praia Grande, SP
	<i>L. podicipinus</i>	3F	2n = 22	3,30 ± 0,03	Avaré, SP
	<i>Physalaemus albonotatus</i>	3M	2n = 22	3,96 ± 0,07	Imbituva, PR
Telmatobiinae	<i>Alsodes montanus</i>	1M	2n = 22	20,75 ± 0,20	La Paira Favellones, Chile

Nr = number and sex (M= male, F= female) of the animals analysed; ploidy y/Chrs Nr = ploidy and chromosome number; DNA/N = nuclear DNA content in picograms per nuclei.

Table 2. Nuclear, cellular and cytoplasmatic volume ratios among polyploid and diploid anuran species.

Species	Sex	Ploidy	$\frac{VN}{VN}$	$\frac{Vce}{Vce}$	$\frac{Vci}{Vci}$	$\frac{DNA}{DNA}$	Locality
<i>Ceratophrys dorsata</i>	M	8n = 104	3,9	3,3	3,3	4,6	Paralheiros
<i>Odontophrynus americanus</i>	M	2n = 22	~4,0	~3,5	~3,5	~4,5	Serra do Cipó
<i>O. americanus</i>	M	4n = 44	2,1				Montevideo
<i>O. americanus</i>	M	2n = 22	~2,0	1,5	1,5	2,5	Serra do Cipó
<i>O. americanus</i>	M	4n = 44	1,6				Poços de Caldas
<i>O. americanus</i>	M	2n = 22	~1,5	1,5	1,5	2,0	Serra do Cipó
<i>O. cultripes</i>	M	2n = 22	1,1	1,2	1,2		Belo Horizonte
<i>O. americanus</i>	M	2n = 22	~1,0	~1,0	~1,0	1,0	Serra do Cipó

M= male, VN= nuclear volume, Vce= cell volume, Vci= cytoplasmic volume, DNA= nuclear DNA content in

# Biologia Geral e Experimental

Universidade Federal de Sergipe

---

Biol. Geral Exper., São Cristóvão, SE 6(2):24-31

30.x.2006

---

## LAMARCK AND DARWIN: DOGMA, HISTORY AND SCIENCE

*Ilse Walker<sup>1</sup>*

### ABSTRACT

The text discusses three relevant aspects of biological evolution: the Darwinian and Lamarckian dogmas, historical aspects and some relevant results of contemporary molecular genetics.

**Key words:** biological evolution, historical aspects, molecular genetics.

### RESUMO

O texto discute três aspectos relevantes sobre a evolução biológica: os dogmas Darwinianos e Lamarckianos, aspectos históricos e alguns resultados relevantes da genética molecular contemporânea.

**Palavras-chave:** evolução biológica, aspectos históricos, genética molecular.

### DOGMA: DARWINISM *VERSUS* LAMARCKISM

We are all familiar with the Dogmas of biological evolution: There is the Darwinian Dogma of "random variation and natural selection", which is still largely adhered- to, particularly by the ecologists of "The Old World", and there is the discarded, Lamarckian Dogma of the inheritance of phenotypic modification of organs as the direct effects of use and disuse. The customary examples cited are the Darwin- Finches of the Galapagos Islands with more or less curved beaks, and hence, more or less successful alimentation and reproduction (Darwin, 1859), and the giraffes with ever longer necks, because they try to reach ever higher branches when feeding (Lamarck, 1809).

Both theories with - of course - more refined

arguments and evidence, were taught worldwide up to the 1920-ties, when, as a consequence of social revolutions and two world wars, the world of *Homo sapiens* broke up into the *Capitalist*-dominated and the *Communist*-dominated countries with their respective regions of influence (colonies, etc). In the Soviet Union, Lamarckism was indoctrinated, because a better society should improve the social behaviour of humans, and in the Western World (the Americas, Australia and western Europe) Darwinism remained as the exclusive theory of evolution, and spread into every-day life: growth via competition and selection, survival of the fittest, guaranteeing successful business, excellence in science, etc, etc. Eventually, "The Berlin Wall" fell (1989) and the communist dictatorship of the Soviet Union came to an end.

---

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Departamento de Ecologia, Caixa Postal 478, Manaus, Amazonas, 69011-970, iwalker@inpa.gov.br

Subsequently, dogmatic Darwinism conquered the world. The success of Darwinism was supported by contemporary science, mainly by classical genetics with successful selection of "mutants", i.e., inheritable genotypes with their respective phenotypes, and by the discovery of the DNA-chromosome structure (Watson & Crick, 1953), with the demonstration of random mutations. Thus, 20th-century molecular genetics resulted in the *Neo-Darwinian Central Dogma: Evolution as the result of random mutations and natural selection*. Lamarck and Lamarckism had died and Darwinism remained as the sole theory of evolution, as recently expressed by Richard Dawkins in "Newsweek" (Dec. 2005-Feb. 2006): "...natural selection, the engine of evolution first discovered by Charles Darwin"...."New variation is added to the gene pool by mutation, random mistakes that occasionally turn out to be superior".

#### HISTORICAL NOTES

As a matter of fact, scientific discussions on possible mechanisms of biological evolution reach back to the Classical Greek epoch some 2400 years ago.

**Aristoteles** (384 - 322 BC) presented the theory that *Homo sapiens* and the higher animals were the result of a continuous evolution from the inorganic, mineral world via plants to plant-like animals (the reef fauna!) to the higher animals. As regards the higher animals, he based his views on embryological criteria (Mason, 1961) and of comparative anatomy. Thus, he refers to the high similarity of anatomy between apes and *Homo* as an argument for evolutionary relationship. He maintained that the particular features of organs were the result of their function. Using the example of human teeth, he explains that the sharp front teeth developed because they are continuously used for cutting, and the shape of the molars because they are used for chewing. But then, he writes: "it is said, that

this does not occur for a purpose, but happens in this way by chance, also in case of the other organs which appear to fulfill a purpose. Now, those organisms, in which everything is formed as if it were for a purpose, would survive, because everything fitted as if for a particular function, those, however, for which this was not the case, would get extinct" (Nestle, 1953; Walker, 2005).

Here they are, the two theories neatly separated: evolution of the specific shape of organs as the result of intensive use, or else, natural selection of random variants. I cannot deny my considerable surprise when I came across this passage in Aristoteles' text (Nestle, 1953), and I imagine that the same happened to Lamarck and Darwin, because both refer to Aristoteles in their work.

**Lamarck** (1744 -1829) was professor of Zoology at the Museum of Natural History in Paris, and he was a member of the Naturalists Society of Moscow, of the Royal Academy of Science of Munich, among others, and just to highlight the globalization of Science some 150 years ago, it may be mentioned that George Cuvier (1769-1832), professor of comparative anatomy and a colleague of Lamarck, was a member of Scientific Societies and Academies of Stockholm, Copenhagen, Goettingen, Modena, Calcutta, among others.

Lamarck did for Zoology, what Linné (1707-1778) achieved for Botany: Lamarck (1809) created the classical systematics of the animal kingdom, as it is still largely valid today on the highest levels of classification (Phyla, Classes, Orders). It is in relation to the basic sub-division of the animal kingdom that Lamarck refers to Aristoteles: Aristoteles separates the animal kingdom into two divisions: Animals *without* blood and Animals with blood, while he, Lamarck, separates animals *without* backbones (*Invertebrates*) from animals *with* backbones (*Vertebrates*). Incentivated by the discussions between the scientists at his time as regards possible biological evolution, and based on his profound knowledge of comparative anatomy, morphology and behaviour, he defends a

coherent theory of animal evolution, which he summarized as follows (Lamarck, 1809):

"I looked upon it as certain that, firstly, the movement within the animals - a movement which is progressively accelerated with the increasing complexity of the organization and secondly, the influence of the environment, insofar as animals are exposed to it in spreading throughout all habitable places, were the two general causes which have brought the various animals to the state in which we now see them". Translated into modern biological terms: The response of animals with an ever more complex physiology ("movement within the animals") to their specific environments ("spreading throughout all inhabitable places") results in the actual phenotype ("state in which we now see them"). Lamarck formulates two basic laws:

1. "In every animal which has not passed the limit of its development, a more frequent and continuous use of any organ gradually strenghtens, develops and enlarges that organ, and gives it a power proportional to the length of time it has been so used; while the permanent disuse of any organ imperceptively diminishes its functional capacity until it finally disappears".

2. "All the aquisitions wrought by nature on individuals through the influence of the environment in which their race has long been placed, and hence, through the influence of the predominant use of any organ, all these are preserved by reproduction of the new individuals which arise, provided that the acquired modifications are common to both sexes, or at least to the individuals which produce the young" (Lamarck, 1809).

In other words: physiological and behavioural ("use and disuse of organs") response of individuals to specific environments during their ontogenesis ("animal which has not passed the limit of its development") leads to inheritable acquisition or loss of organs and faculties "provided the race has long been placed in the respective environment". Thus,

evolutionary change is a slow, long-term process, and heredity enters the scene via the condition that the "individuals which produce the young" must be affected by the specific phenotypic characteristics, and this implies *selection*. Besides, both, Lamarck and Darwin refer to plant and animal breeding of domestic races as argument in favour of evolution, selection of hereditary traits in agriculture was no novelty 200 years ago. Thus, while Lamarck certainly emphasizes "use and disuse", heredity and selection of animals with the respective phenotypic traits are implicit in his two laws. One source of later mis-representations is, that Lamarck himself did not clearly specify between periods of individual ontogeny and sequences of ontogenies in his first law: "proportional to the length of time of use" and "permanent disuse" refer to evolutionary periods, i.e. to sequences of ontogenies, while the individual physiological effects of use and disuse are restricted to the individual's period of development ("animal which has not passed the limit of its development").

**Darwin** (1809-1882) studied in Edinburgh and Cambridge, and in 1831 - being just 22 years old - he travelled on the sailing boat *Beagle* to South America on a scientific expedition. Later, he devoted his life to research and writing. "The Origin of Species" (Darwin, 1859) initiates with "An historical sketch", where Darwin introduces Lamarck as the (cit) "justly celebrated naturalist ... being the first man whose conclusions on the subject (= transformation of species) excited much attention", thus referring to Lamarck's work "Philosophie Zoologique" (1809). In a footnote in the same chapter, Darwin mentions Aristoteles, and presents an English translation of Aristoteles' example of the possible evolutionary transformation of teeth (*see the first paragraph of this topic*), and he adds (cit): "We here see the principle of natural selection shadowed forth....". In this "Historical Sketch" Darwin documents the situation of the biological sciences at his time, and the intense discussions for and against theories of evolution in Europe and the USA. He notes the remarkable coincidence, that his grandfather - (cit)

"Erasmus Darwin in England, Geoffroy Sait-Hilaire in France and Goethe in Germany came to the same conclusions on the origin of species in the years 1794 - 1795" and thus, to some degree, anticipated the ideas of Lamarck. But here already, Darwin expresses his rejection of their "erroneous grounds of opinion" as regards the mechanisms of evolution (inheritance of characters originating via parental use or disuse of the respective organs). However, within the context of early 19th century science, concise separation between biological observations and scientific conceptualization was difficult, and also led to problematical statements by Darwin: In the Chapter on "Variation under Domestication" Darwin writes (cit): "Changed habits produce an inherited effect....With animals the increased use or disuse of parts has had a marked influence; thus I find in the domestic duck that the bones of the wing weigh less and the bones of the leg more, in proportion of the whole skeleton, than do the same bones in the wild duck: and this may be safely attributed to the domestic duck flying much less, and walking more, than its wild parents". Would Lamarck disagree? Two pages later, Darwin writes: "Any variation which is not inherited is unimportant for us"; and further "The laws governing inheritance are for the most part unknown" and this includes the origin of hereditary variation. Although Darwin does not refer to selection in the example of the ducks, he might have explained that the domestic ducks had stronger leg bones because the better walkers had a selective advantage, in other words, "use and disuse" enter as selective function. As a matter of fact, he leaves the "Lamarckian" versus "Darwinian" question open: In the last paragraph of "The Origin of Species", Darwin summarizes his basic theory of evolution (cit): "These laws, taken in the largest sense, being Growth and Reproduction; Inheritance which is almost implied by reproduction; Variability from the indirect and direct action of the conditions of life, and from use and disuse; a Ratio of Increase so high as to lead to the Struggle

for Life, and as a consequence to Natural Selection, entailing Divergence of Character and the Extinction of the less-improved forms".

It is interesting, that in this summary, "natural selection" is restricted to competition ("Struggle for Life"), while in the example of the ducks, and indeed, in large sections of "The Origin", Natural Selection refers mainly to improved morphology, physiology and behaviour. The likely reply to this comment is, that competition is won *because* of the improved phenotype. This may - or may not be the case. Suppose we keep an experimental culture of mice or insects under optimal conditions of maintenance and nutrition, keeping the population number constant by periodic random elimination of individuals: selection would be fully active via different growth rates of the respective types, in complete absence of competition for space or for resources. The fraction of the fastest reproducing genotypes would continuously increase. The analogous situation in natural systems would be, that predation and disease keep populations at relatively low and constant densities.

Darwin's final - and largely intuitive - conclusion that competition is the only effective selection pressure in natural populations, as expressed in the last paragraph of "The Origin", eventually resulted in dogmatization, and as such, in a painful stagnation of theoretical biology. Would explicit consideration of today's molecular genetics in relation to possible mechanisms of evolution open up new questions, new answers and new aspects as regards the historical divergence between Lamarckian and Darwinian ideas?

#### SOME RELEVANT ASPECTS OF CONTEMPORARY MOLECULAR GENETICS

**1. The Basic Questions:** While obscure socio-political entanglements with science teaching may result in dogmatic stagnation, the obvious way out of

it is progressive research, and today's problems of evolution must be tackled by molecular biology. The development from a single cell to a complex, multicellular organism, involves progressive cell-differentiation and cell-agglomeration to ever higher hierarchical levels of organization, be it ontogeny or phylogeny, and this process is programmed by the genome. Physically, there are two basic parameters: Structure = "order in space" and Function = "order in time", and any complex material system is the result of the obligatory linkage between these two parameters, as may be shown by a simple example: The material for the construction of a building is being deposited on the site, bricks, cement, sand, tiles, cables etc, does this allow anybody to predict the size, purpose or structure of the project, an apartment block, a series of one-family houses, a church, a palace, an industrial office block or what else? Only a concise construction plan, i.e., specified sequential activities, determine the final result. Even single, eucaryote cells are far more complex, both structurally and functionally, than a housing project, not to mention multi-cellular organisms with their hierarchical structure, where structural and functional causalities interact between different cells, tissues, organs and segments, linked by circulatory and nervous systems. This shows that explicit specification of order in space and of order in time is required to understand any process of ontogeny and phylogeny.

*Darwinism*, confirmed by classical genetics, was dominated by structural considerations: the duck's bones of the legs and wings determine its pattern of mobility; a particular mutation in the genotype causes a change of growth and differentiation: function is the result of structure. There is nothing wrong with this - this is the reason for the historical success of Darwinism, but we ask, is this the whole story?

*Lamarckism* stresses the inverse causality: dynamic interaction between cells, organs and environment shapes the phenotype, which is eventually fixed in the genotype. Although there are innumerable examples of environmental effects on the

physiology of animal and plant ontogeny, and hence, on adult anatomy and morphology (Lit. refs. see Walker, 2005), hereditary fixation of these induced phenotypes in particular genes was never shown. This is the convincing reason for the rejection of Lamarckism. But we ask: considering space-time interaction on the level of modern, molecular genetics, is this rejection justifiable?

## 2. Structure and Function of the Cell Nucleus:

This is not an article on molecular genetics, but to bring the historical process to the present, a few aspects of today's state of affairs are briefly outlined.

The discovery of the genetic code as nucleotide sequence along the DNA double-helix of the chromosomes (Watson & Crick, 1953) was the decisive event that initiated molecular genetics. The number of nucleotides per cell nucleus vary from several million in Bacteria to ca 3 billion ( $3 \times 10^9$ ) in *Homo sapiens* (Eigen & Schuster, 1979). The linear sequence of nucleotides in the chromosomal DNA determines the sequence of amino acids in proteins, that is, the *structure* of the DNA determines the *structure* of the basic building materials of the living cell. Thus, the shape and structure of the living cell seems to be the result of *spatial* determinants. Mutations in DNA result in changed organic structure and consequently, in variation of function and fitness.

A bewildering discovery was, that less than 5% of the DNA per nucleus was coding, the bulk of the chromosomes was consequently referred to as "junk DNA". In the course of time, functional aspects appeared: particular proteins are needed during particular phases of the cell cycle and of ontogenetic differentiation, particular genes must be transcribed into mRNA at different instants, and these must be transported out of the nucleus into the cytoplasm for translation into the respective proteins. Signal domains in DNA were identified, such as promoters which initiate transcription of specific genes upon particular stimulation by imported signal molecules etc. Scherrer

(1989) proposed that the three-dimensional structure of the genome with its "junk DNA" was essential for the guided transport of macromolecules into, through and out of the nucleus during DNA-directed growth control. Today there is no doubt that this model is fully realistic, and gene regulation, involving nuclear architecture, determining the time pattern of DNA- and RNA-dependent physiology is as well established as is the genetic code as such, as shown for example by Leers & Renkawitz (2005), and in an article on signal-dependent activation of gene transcription by nuclear receptors we read (Ju *et al.*, 2006.): "Multiple enzymatic activities are required for transcriptional initiation". Enzymes are proteins and - as such - are coded for in the chromosomal DNA, that is, the genome codes for its own gene-regulatory mechanisms. The data in this article also show a functional link between the described mechanism of gene transcription and DNA-repair; complex machines need repair, and the cell nucleus is no exception, as is well known today.

Gene regulation determines the time pattern of ontogenesis and physiology: differential activation or silencing of genes results in different tissues, the number of mitoses in different tissues during ontogenesis determines the relative size of organs, of branching patterns in plants, of segmentation in animals etc. Thus, if we consider the different cells of an organism, we see that a "same" (original, gametic) genotype results in many different cell phenotypes within a given individual. This whole biochemical machinery is also influenced by environmental parameters, by temperature, pressure, diurnal rhythms, altitudes above sea level etc, which may result in diverse phenotypes. For instance, plants in high altitudes have relatively shorter stalks than the same plants in low lands, or a given species of micro-crustacea has different segmental patterns if raised in waters of different salinities (Abonyi, 1915) to mention two of the numerous classical examples. Furthermore, physiological activity may influence the dynamic pattern of gene regulation, and hence, have an influence

on the phenotypes of the respective organisms: intensive use of wings or legs in the ducks may strengthen the respective bones, to return to Darwin's example. The inevitable conclusion is that similar genotypes may exhibit different phenotypes depending on the environmental and /or physiological conditions during ontogenetic development. Both, Darwin and Lamarck would agree.

### **3. Mutation and Selection in Gene-Regulation:**

Naturally, genes coding for enzymes involved in gene regulation, and DNA-domains responding to specific gene-regulatory signals, are also suffering mutations, and as such, are subject to natural selection, as are the classical genes coding for structural proteins. But there is a very fundamental, physical difference between these two categories of mutations: gene regulation means phase order, i.e., pattern in time, and the *physical parameter of time is one-dimensional*. Structure, on the other hand, always involves space, and space is *three-dimensional*.

*A mutation in the gene of a structural protein* changes a defined point in the three-dimensional structure of this protein, and different proteins join to complexes of higher, hierarchical order, such as hemoglobin for example, a tetramere composed of one pair each of two different hemoglobin monomers. Whatever the mutations in the DNA that affect the sequence of amino acids in the respective protein, there is a one-to-one relation between the mutations in DNA and the changes in the respective protein. The pattern and complexity of the genetic code corresponds essentially to the pattern of protein complexity of the respective organisms. This direct spacial correlation explains the enormous success of classical genetics.

*A mutation in the code of gene-regulatory enzymes and/or in DNA-signalling domains* can have only two possible effects: enhancement or slow down of the functions directed by the respective molecules, slow down including zero function. Therefore, innumerable mutations and combinations thereof may

lead to similar phenotypes, for instance to retardation of a particular phase during embryogenesis, resulting in increase or decrease of organs or of the number of body segments etc. In addition, environmental effects modify these genetically induced, dynamic patterns. Only modern molecular genetics combined with detailed physiological experimentation allows to disentangle the complex web of biochemical interactions of a gene-regulatory process.

Still, gene-regulatory systems are also subject to mutation and natural selection that optimize phenotypic fitness in particular environments. Species occupying highly and irregularly varying environments maintain their gene-regulatory, i.e., physiological flexibility and thus may exhibit a wide range of locally induced, yet reversible, morphological variation (= "somatic plasticity", see West-Eberhard, 2003); species occupying particular environments for very long periods accumulate mutations that optimize fitness in this particular environment and thus, are gradually fixing a particular phenotype, because selection for reversal is no longer active (Walker, 1983). These processes are practically inevitable, because of the one-dimensionality of time: innumerable mutations may have similar effects. The result is *genetic fixation of an environmentally induced phenotype via random mutation and natural selection*: Lamarck and Darwin in a single sentence.

**4. Exon Shuffling - Open Questions:** While this article is confined to DNA-random mutations and natural selection, biological mechanisms that certainly play their role in the process of evolution, it must be emphasized that today's molecular biology is no longer confined to this axiom. The "classical gene" as a defined DNA-sequence that codes for one particular protein no longer exists. "Genes" are variable physiological entities, composed of "exons", i.e. coding subunits which are separated by non-coding DNA-stretches, the introns. During embryogenesis different exons of a single gene - and/or exons joined from different genes

may compose the final codes of the particular proteins in the diverse tissues of the individual. In other words, tissue-specific genes are constructed during ontogenesis. Ontogenetic and phylogenetic genome analysis shows that both, within-gene and between-gene "exon shuffling" is a decisive mechanism of genome evolution, exon shuffling being directed by a highly complex process of gene regulation.

A specially relevant category of gene regulation is *epigenetics*. Within the evolutionary context it means that the parental genotype regulates specific gene functions in oocytes and/or zygotes, that is, non-DNA variations can be transmitted from parents to offspring (Jablonka & Lamb, 2002). *Epigenetic imprinting*, on the other hand, means that parental gene regulation changes the DNA-structure of the fertilized oocyte (Meroni *et al.*, 1996). Today, *epigenetics* is a wide field of research, both, in the context of medicine and of evolution, which resulted in the explicit rehabilitation of Lamarck and of his theories as a valid historical contribution to the development of the biological sciences.

To terminate this discussion we may conclude that - while contemporary Biology would not be possible without the historical scientific process including the essential contributions of both, Lamarck and Darwin - today's situation as regards the problem of biological evolution transcends the respective questions of the last two centuries.

While natural selection via the rates of reproduction and mortality is inevitable during the phylogenesis of whatever plant and animal species, the highly complex mechanisms of specific exon combination during gametogenesis and ontogenesis leaves the basic problems of evolution unresolved, namely the possible biochemical interactions between DNA-(random?) mutations and gene-regulatory functions that may result in viable, inheritable phenotypic variation, and - eventually - in taxonomic differentiation.

## REFERENCES

- Abonyi, A. 1915. Experimentelle Daten zum Erkennen der Artemia Gattung. **Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie** 114:95-168.
- Darwin, C. 1859. **The origin of species**. J. M. Dent & Sons 488p.
- Dawkins, R. 2006. Unintelligent design. **Newsweek**, Special Issue, Dec. 2005- Feb. 2006:72-73.
- Eigen, M. & P. Schuster, 1979. **The Hypercycle. A principle of natural self-organization**. Springer Verlag 92p.
- Jablonka, E. & M. Lamb, 2002. The changing concept of epigenetics. **Annals of the New York Academy of Sciences** 981:82-96.
- Ju, B.G., V.V. Lunyak, V. Perissi, I. Garcia-Bassets, D.W. Rose, C.K. Glass & M.G. Rosenfeld, 2006. A topoisomerase IIB-mediated dsDNA break required for regulated transcription. **Science** 312:1798-1802.
- Lamarck, J.B. 1809. **Philosophie zoologique**. English edition (1914), **Zoological philosophy**. Macmillan.
- Leers, J. & R. Renkawitz, 2005. Curbing the genome. The DNA-binding factor CTCF co-ordinates gene expression. **Futura** 20:92-96.
- Mason, S.F. 1961. **Geschichte der Naturwissenschaft**. A. Kröner Verlag.
- Meroni, G., B. Franco, N. Aechidiacono, S. Messalis, G. Adolfi, M. Rocchi & A. Ballabio, 1996. Characterization of a cluster of sulfatase genes on XP22.3 suggests gene duplications in an ancestral pseudosomal region. **Human Molecular Genetics** 5:423-431.
- Nestle, W. 1953. **Aristoteles, Hauptwerke**. A.Kröner Verlag.
- Scherrer, K. 1989. A unified matrix hypothesis of DNA-directed morphogenesis, protodynamism and growth control. **Bioscience Reports** 9(2):157-188.
- Walker, I. 1983. Complex-irreversibility and evolution. **Experientia** 39:806-814.
- Walker, I. 2005. **The evolution of biological organization as a function of information**. Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus 319p.
- Watson, J.D. & F.H.C. Crick, 1953. Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. **Nature** 171(4361):946-967.
- West-Eberhard, M.J. 2003. **Developmental plasticity and evolution**. Oxford University Press.

Aceito: 4.ix.2006

# Biologia Geral e Experimental

Universidade Federal de Sergipe

Biol. Geral Exper., São Cristóvão, SE 6(2):32-48

30.x.2006

## CHAVES PARA IDENTIFICAÇÃO DE VETORES DAS PRINCIPAIS ZONOSSES DE SERGIPE. I. DIPTERA.

*José Oliveira Dantas*<sup>1</sup>  
*Celso Morato de Carvalho*<sup>2</sup>  
*Jeane Carvalho Vilar*<sup>3</sup>

### RESUMO

São apresentados caracteres morfológicos e chaves para identificação de vetores das principais e potenciais zoonoses de Sergipe transmitidas por dípteros (19 espécies): dengue clássica e hemorrágica, leishmaniose visceral e cutânea mucosa (*ocorrem*), febre amarela urbana e silvestre, malária e filariose (*potenciais*). São brevemente comentadas a sistemática e biologia dos vetores, os agentes etiológicos e aspectos epidemiológicos das zoonoses da região.

**Palavras-chave:** zoonoses, vetores, Diptera, chaves de identificação, Sergipe.

### ABSTRACT

Presented in this study are morphological characters and keys for identification of the main and potentials zoonoses from Sergipe transmitted by dipterans (19 species): classic and hemorrhagic dengue, visceral and tegumentary leishmaniasis (*occur*), urban and silvatic yellow fever, malaria, bancroftian filariasis (*potentials*). The systematics and biology of the vectors, the etiologic agents and regional epidemiologic aspects of the zoonoses are briefly commented.

**Key words:** zoonoses, vectors, Diptera, identification keys, Sergipe.

### INTRODUÇÃO

Zoonoses são infecções transmitidas aos humanos por outros animais. Dentre as variáveis que compõem o ciclo das zoonoses, a identificação dos vetores é tão importante quanto o conhecimento e controle da transmissão dos agentes. Em Sergipe existem vários projetos das áreas federais, estaduais e municipais da saúde para mitigar os efeitos das zoonoses que ocorrem na área, mas sob o ponto de

vista zoológico são poucas as listas e manuais de identificação das espécies de vetores que ocorrem na região.

Este estudo é uma colaboração aos trabalhos dos órgãos locais da vigilância sanitária e epidemiológica, através da apresentação de chaves dicotômicas elementares para identificação dos vetores envolvidos nas principais zoonoses da região, como o dengue e leishmaniose, tripanossomíase, esquistossomose e leptospirose, incluindo as que têm

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão 49100-000, jdantasufs@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 69011-970, cmorato@bol.com.br.

<sup>3</sup> Faculdade Pio Décimo, Campus III, Aracaju, Sergipe, jcvilar@bol.com.br.

potencial de ocorrer, como febre amarela, malária, filariose e peste bubônica. Esperamos também que estas informações possam ser utilizadas por outros estudos acadêmicos e por estudantes nas práticas de educação ambiental. Os resultados da pesquisa serão apresentados numa série, neste trabalho relatamos as zoonoses que envolvem 19 espécies de dípteros como vetores na região de Sergipe, em trabalhos posteriores trataremos dos demais grupos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dípteros examinados estão depositados na coleção entomológica do Núcleo Estadual de Entomologia Médica, da Secretaria da Saúde do Estado de Sergipe. As chaves e ilustrações são adaptações feitas com base em poucos caracteres, para facilitar as identificações. No texto apresentamos resumidamente o reconhecimento e os principais caracteres sistemáticos das famílias e gêneros dos vetores, comentamos brevemente sobre a biologia destes e um pouco sobre a epidemiologia das zoonoses. As informações foram obtidas das seguintes fontes: i) literatura, ii) setor de Vigilância Ambiental e Epidemiológica da Secretaria da Saúde do Estado de Sergipe, iii) Serviço de Zoonoses da Secretaria da Saúde do Município de Aracaju.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mosquitos vetores de zoonoses em Sergipe (Tabela 1) estão distribuídos entre as famílias Culicidae (Subfamílias Anophelinae e Culicinae) e Psychodidae (Subfamília Phlebotominae). São 19 espécies dos gêneros *Anopheles*, *Aedes*, *Culex* e *Lutzomyia* registrados para a região, restritas à mata atlântica (7), em ambos os domínios (8) ou ao agreste (3), sem nenhuma indicação que permita identificar se estas

espécies são mesmo restritas a estes ecossistemas e como é a distribuição com relação ao agreste, uma área de transição entre a mata e a caatinga. É bem possível que esta distribuição reflita muito mais a falta de coletas do que especificidades de habitats.

### Família Culicidae

Os culicídeos, popularmente conhecidos como muriçoca, pernilongo e carapanã, são os vetores da malária, dengue, febre amarela e filariose. São dípteros nematóceros com olhos grandes e ocelos ausentes ou vestigiais. As fêmeas são hematófagas, põem cerca de 100-300 ovos por desova. Até a fase adulta, que leva cerca de 10-20 dias após a postura, ocorrem quatro fases de larvas, seguidas por pupa (Carrera, 1991; Consoli & Oliveira, 1994).

Tabela 1. Dípteros transmissores de zoonoses na região de Sergipe.

#### Família Culicidae (Anophelinae), gênero *Anopheles* Meigen, 1818

- A. albitarsis* Lynch-Arribálzaga, 1878 (M, C)
- A. aquasalis* Curry, 1932 (M)
- A. triannulatus* (Neiva & Pinto, 1922) (M, C)
- A. darlingi* Root, 1926 (M, C)
- A. oswaldoi* (Peryassú, 1922) (M)
- A. noroestensis* Galvão & Lane, 1938 (M, C, A)
- A. argyritarsis* Robineau-Desvoidy, 1827

#### Família Culicidae (Culicinae), gêneros *Aedes* Meigen, 1818 e *Culex* Lineu, 1758

- A. aegypti* Meigen, 1818 (M, C)
- C. quinquefasciatus* Say, 1823 (M, C)

#### Família Psychodidae (Phlebotominae), gênero *Lutzomyia* França, 1924

- L. longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) (M, C)
- L. leni* (Mangabeira, 1938) (M, C)
- L. evandroi* Lima & Antunes, 1936 (M, C)
- L. intermedia* (Lutz & Neiva, 1912) (M)
- L. whitmani* (Antunes & Coutinho, 1939) (M)
- L. complexa* (Mangabeira, 1941) (M)
- L. choti* (Floch & Abonnet, 1941) (M)
- L. capixaba* Dias, Falcão & Silva, 1987 (M)
- L. migonei* (França, 1920) (M, C, A)
- L. cortezezi* (Brethes, 1923) (M, C, A)

M, mata atlântica C, caatinga A, agreste

#### Gênero *Anopheles* Meigen, 1818

**Reconhecimento:** As espécies de *Anopheles* são caracterizadas por apresentarem corpo e asa cobertos por escamas, as asas quando em repouso formam um ângulo entre o corpo do inseto e a superfície de pouso.

**Sistemática:** Margem escutelar fortemente arredondada; manchas claras e escuras ao longo das nervuras longitudinais; terceira veia longitudinal (R4+5) reta e colocada entre duas veias forquilhadas.

**Biologia:** A postura dos anofelíneos é depositada em bromélias, poças, lagoas, recipientes de diversas origens e finalidades que acumulam água.

**Comentários:** Os anofelíneos são vetores da malária e existem espécies domiciliares e silvestres. Em Sergipe ocorrem 7 espécies: *Anopheles albitarsis*, distribuído do norte da América do Sul até Argentina, é vetor secundário ou local da malária; *Anopheles aquasalis*, que vai da amazônia até a mata atlântica, é vetor primário da malária no semi-árido e na amazônia, tendo sido registrado naturalmente infectado no Rio de Janeiro e em São Paulo; *Anopheles triannulatus*, distribuído da amazônia até a Argentina, é vetor primário da malária; *Anopheles darlingi*, distribuído em toda a América do Sul, com exceção das regiões de altitude a na caatinga, é o principal vetor domiciliar da malária no Brasil, altamente suscetível aos plasmódios humanos, capaz de transmitir malária dentro e fora das casas; *Anopheles oswaldoi* ocorre a leste do Andes até a Argentina nas áreas abertas e fechadas, mas não ocorre no semi-árido; *Anopheles noroestensis*, distribuído da Amazônia ao Rio Grande do Sul, geralmente não é espécie doméstica, mas pode picar humanos no peridomicílio; *Anopheles argyritarsis*, distribuído do México a Argentina, é pouco domiciliar e não transmite malária.

Existem diversas espécies de protozoários do gênero *Plasmodium* que infectam vertebrados não humanos, como aves (Santos-Prezoto *et al.*, 2004), primatas (Barata, 1995) e lagartos (Rocha e Silva & Rodrigues, 1974). Os agentes etiológicos da malária

humana são protozoários do gênero *Plasmodium*, *vivax*, *malariae* (raro), *falciparum* (regiões tropicais) e *ovale* (África). Destes, *falciparum* é mais grave e pode ser letal. A malária (do italiano malaria, mal aire) é uma doença antiga, descrita como febre dos pântanos e febre do Nilo. A origem dos protozoários da malária em humanos pode estar relacionada com as espécies de *Plasmodium* que infectam outros primatas (Cimerman & Cimerman, 1999).

Milhões de casos de malária ocorrem anualmente na África, sudoeste asiático e na América do Sul, principalmente na região amazônica, mata atlântica e cerrado (Machado *et al.*, 2003). O controle dos anofelíneos é feito principalmente através da erradicação dos criadouros e do uso de drogas organocloradas, como DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) ou compostos similares. Não há vacina eficaz. Em Sergipe a malária é uma zoonose potencial, 17 casos foram registrados nos últimos anos, todos alóctones.

#### Gênero *Aedes* Meigen, 1818

**Reconhecimento:** Os mosquitos deste gênero são facilmente reconhecidos por apresentarem escamas dorsais douradas em forma de lira.

**Sistemática:** Abdome pontudo, os últimos segmentos parcialmente imbricados, com as cerdas salientes; vértice e occipício revestidos de escamas; mesonoto, pleuras e abdome recobertos por abundantes escamas, as do mesonoto de cores diferentes formando desenhos; asas com nervuras longitudinais cobertas por escamas estreitas, exceto na porção basal da subcostal; tarso com garras denteadas nas fêmeas; pulvilos ausentes ou piliformes (Carrera, 1991; Consoli & Oliveira, 1994).

**Biologia:** A desova é feita em qualquer acúmulo de água dentro de recipientes e em todo tipo de poça.

**Comentários:** Estes mosquitos vivem dentro ou perto de habitações e são vetores do dengue e febre amarela. Em Sergipe ocorre uma espécie do gênero, *Aedes aegypti*, provavelmente de origem africana e

introduzida no Brasil há quatro séculos atrás, no início da colonização. Esta espécie pode ser reconhecida pelos seguintes caracteres (Consoli & Oliveira, 1994): unhas tarsais denteadas nas fêmeas, pelo menos as anteriores e as médias; clípeo com dois tufos de escamas brancas e prateadas, escudo com escamas brancas e prateadas formando desenho em forma de lira (Figura 1p-1r).

*Aedes aegypti* é vetor de arboviroses, como o dengue e a febre amarela, cujos agentes pertencem a um grupo de vírus do gênero *Flavivirus* (família Flaviviridae), que são arbovírus de RNA do grupo B (os vírus transmitidos por artrópodes são chamados arbovírus). O dengue acomete sob as formas clássica e hemorrágica, a segunda é menos comum, mas pode ser letal. No Brasil ocorre cerca de 200 mil casos de dengue por ano, a metade no nordeste (Gonçalves & Rebêlo, 2004). Em Sergipe ocorreram 41532 casos de dengue entre 1999-2004.

A febre amarela urbana foi erradicada no Brasil desde 1942, mas ocorre a silvestre, que além dos humanos, tem outros primatas como hospedeiro onde podem se desenvolver a infecção virótica e infectar o vetor. Existe vacina, mas na falta desta proteção imunológica a hepatite que acomete os infectados é fulminante. Os vetores da febre amarela silvestre da amazônia são principalmente os dípteros do gênero *Haemagogus*, *janthinomys* e *leucocelaenus*, mas *Aedes aegypti* e *A. fulvus* também podem ser vetoras (Fé *et al.*, 2003). A febre amarela é uma zoonose potencial em Sergipe.

Gênero *Culex* Lineu, 1758

**Reconhecimento:** Estes mosquitos podem ser reconhecidos pela presença de cerdas pré e pós-espiraculares, pêlos no remígio e antenas com segmentos flagelares cilíndricos.

**Sistemática:** Coloração geral marrom ou enegrecida; são providos de cerdas pré e pós-espiraculares, com pêlos no remígio; antenas com

segmentos flagelares cilíndricos (Consoli & Oliveira, 1994; Carrera, 1991).

**Biologia:** São mosquitos que têm hábitos noturnos e crepusculares. Algumas espécies podem picar durante o dia, quando o hospedeiro se encontra próximo aos seus abrigos e criadouros preferidos, constituídos por água parada.

**Comentários:** Mosquitos deste gênero são vetores da filariose linfática (bancroftiana). Em Sergipe ocorre *Culex quinquefasciatus*, díptero distribuído dos Estados Unidos ao norte da Argentina, Ásia e África. Esta espécie pode ser reconhecida pelos seguintes caracteres: tarsos escuros, sem marcação clara; escudo com tegumento marrom (claro ou escuro), densamente recoberto de escamas amarelo-douradas, estreitas, alongadas e curvas (semelhantes a pestanas) (Figura 2s); região ântero-central do occipício com escamas eretas forquilhadas, esbranquiçadas, as laterais e posteriores escuras.

Os mosquitos do gênero *Culex* são vetores de nematóides, vírus e protozoários; dentre os nematóides estes mosquitos disseminam *Wuchereria bancrofti*, agente etiológico da filariose. Estima-se que 73 milhões de pessoas estejam infectadas com *W. bancrofti*. Esta zoonose se manifesta principalmente nas comunidades mais pobres; no Brasil a filariose apresenta distribuição localizada em Belém, Recife e Maceió, com cerca de 49 mil infectados (Bonfim *et al.*, 2003). Em Maceió, Alagoas, foi relatado que dentre 10450 estudantes de escolas dos 1º e 2º graus, 69 estavam infectados com *W. bancrofti* (Fontes *et al.*, 1994). Não existe notificação de casos de filariose em Sergipe, mas como o vetor ocorre na região existe o risco potencial.

Família Psychodidae

Os dípteros desta família, popularmente conhecidos como mosquito palha, cangalhinha ou birigui, são os vetores da leishmaniose. Estes mosquitos, menores que os anofelinos, têm as asas e o corpo recobertos por pêlos. Os psicodídeos são

holometábolos, durante o ciclo ovo-adulto passam por quatro estágios larvais e um pupal. Os criadouros das formas imaturas são locais bem umidos, oxigenados e matéria orgânica em decomposição; as larvas e pupas se desenvolvem em ambientes aquáticos, semi-aquáticos e terrestres (Forattini, 1973; Young & Duncan, 1994). Do ponto de vista de zoonoses, dentre os psicodídeos destaca-se o gênero *Lutzomyia*, da subfamília Phlebotominae.

#### Gênero *Lutzomyia* França, 1924

**Reconhecimento:** Os mosquitos do gênero *Lutzomyia* podem ser reconhecidos pela cor clara e asa dura, pilosa, dobrada para cima quando o inseto está em repouso.

**Sistemática:** Sutura interocular incompleta; ascóides com ou sem prolongamento posterior. Genitália pequena nos machos; basistilo e dististilo menor que o tórax; dististilo com 1-8 espinhos, cerdas pré-apical presente ou ausente; basistilo com ou sem tufo de cerdas, quando presentes estão na porção basal; palpos com artículos IV e V juntos maior que II e III, o V bem mais comprido que o III; espinhos laterais ausentes nos fêmures posteriores; conjunto basistilo-dististilo menor que o comprimento do tórax. Fêmeas com armadura bucal formada por dentes horizontais disposto em linha transversal; espermateca com cabeça individualizada (Forattini, 1973; Young & Duncan, 1994).

**Biologia:** As desovas e o desenvolvimento larval de *Lutzomyia* ocorrem no solo úmido com detritos orgânicos. Ambos os sexos necessitam de açúcar como fonte de energia, mas só as fêmeas são hematófagas.

**Comentários:** Este mosquito é vetor das leishmanioses visceral e cutâneo mucosa. Em Sergipe ocorrem 10 espécies de *Lutzomyia*: *longipalpis*, *lenti*, *evandroi*, *intermedia*, *whitmani*, *complexa*, *choti*, *capixaba*, *migonei* e *cortelezzi*. A primeira é vetor da leishmaniose visceral, as demais da cutâneo mucosa.

No Velho Mundo o vetor da leishmaniose é o flebotomíneo do gênero *Phlebotomus*; no Novo Mundo o vetor é *Lutzomyia*, flebotomíneo que também pode ser vetor de bactérias do gênero *Bartonella* (causam a doença de Carrion e febre das trincheiras, dentre outras) e diversos arbovírus.

Os agentes etiológicos das leishmanioses visceral e cutâneo mucosa são protozoários do gênero *Leishmania* (família Trypanosomatidae). O cão é o principal reservatório doméstico da leishmaniose visceral, mas outros canídeos popularmente conhecidos como cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e raposa (*Dusicyon sp*) também podem ser. No ciclo da leishmaniose cutâneo mucosa várias espécies de vertebrados terrestres funcionam como reservatórios silvestres e hospedeiros intermediários (por exemplo, roedores e marsupiais), incluindo humanos (Lainson & Shaw, 1970). Em Sergipe foram registrados 459 casos de leishmaniose visceral e 251 de cutâneo mucosa, entre 1999 e 2004.

#### Identificações

As chaves dicotômicas para identificação dos dípteros vetores de zoonoses que ocorrem na região de Sergipe estão apresentadas na seguinte ordem: as subfamílias de culicídeos e as espécies de anofelíneos, os gêneros e subgêneros de psicodídeos e as espécies de *Lutzomyia*.

#### Culicidae - Subfamílias

(Adaptado de Consoli & Oliveira, 1994)

1. Probóscide curvada ventralmente para trás; clípeo mais largo que longo .....Toxorhynchitinae
- 1'. Probóscide reta, clípeo mais longo que largo .....2
2. Fêmeas com palpo mais curto que a probóscide; margem posterior do escutelo trilobada; primeiro tergito abdominal com escamas .....Culicinae
- 2'. Fêmeas com palpos do mesmo tamanho que a probóscide; margem posterior do escutelo arredondada; primeiro tergito abdominal sem escamas....Anophelinae

**Culicidae - Gêneros**

- 1. Palpos maxilares longos, clavado nos machos, ~~escutelo arredondado~~ ..... *Anopheles*
- 1'. Palpos curtos, não clavado nos machos, escutelo trilobado ..... 2
- 2. Fêmea com extremidade do abdome afilada, cercos salientes; tórax com manchas prateadas ou brancas ..... *Aedes*
- 2'. Fêmea com extremidade do abdome romba, cercos retraídos; tórax escuro ..... *Culex*

**Anopheles - Espécies**

(Adaptado de Consoli & Oliveira, 1994)

- 1. Tarsos posteriores com os artículos III-V brancos (Figura 1b-1c) .....2
- 1'. Tarsos posteriores III e IV brancos e tarso V com anel negro basal (Figura 1a) .....4
- 2. Primeira mancha escura da veia costal maior que a mancha clara seguinte; veia anal clara com uma mancha negra perto de cada extremidade (Figura 1h) ..... *darlingi*
- 2'. Primeira mancha escura da veia costal menor que a mancha clara seguinte (Figura 1j) .....3
- 3. Tarso posterior I com anel claro apical (Figura 1c); esternito abdominal I com duas linhas de escamas brancas (Figura 1h-1i) ..... *albitarsis*
- 3'. Tarso posterior I sem anel claro apical (Figura 1b) ..... *argyritarsis*
- 4. Primeira mancha escura da costa (pré-umeral escura) maior ou igual a mancha clara seguinte (umeral clara); manchas Sc (subcostal clara) pequena, rudimentar ou ausente (Figura 1i-1m) ..... *triannulatus*
- 4'. Primeira mancha escura da costa (pré-umeral escura) menor que a mancha clara seguinte .....5
- 5. Tarso posterior II parcialmente negro na base (Figura 1a), tarso anterior IV parcialmente escuro, tarso mediano IV totalmente escuro (Figura 1g<sup>M</sup>) .... *oswaldoi*
- 5'. Tarso posterior II parcialmente negro na base (Figura 1d-1f), mancha Sc clara menor que a mancha

setorial escura (Figura 1m-1o); porção inteira da veia média (M) clara (Figura 1o) ..... *aquasalis*

**Psychodidae - Gêneros**

(Adaptado de Young & Duncan, 1994)

- 1. Sutura interocular completa ..... *Brumptomyia*
- 1'. Incompleta ..... *Lutzomyia*

**Psychodidae - Subgêneros, grupos**

**Lutzomyia - Espécies**

(Adaptado de Young & Duncan, 1994)

- 1. Quinto segmento do palpo mais curto que o terceiro; machos com basistilo sem cerdas; fêmeas com espermateca imbricada (subgênero *Psychodopygus*).....16
- 1'. Quinto segmento mais longo que o terceiro, espermateca não imbricada, .....2
- 2. Macho .....3
- 2'. Fêmea .....8
- 3. Basistilo com tufo de cerdas modificadas, dististilo simples com cerdas subterminais e três espinhos (subgênero *Pressatia*) .....21
- 3'. Não.....4
- 4. Parâmero com 1-3 espinhos isolados na margem dorsal mediana da estrutura (subgênero *Lutzomyia*, parte ) .....22
- 4'. Não.....5
- 5. Dististilo com espinhos proximais isolados (subgênero *Nyssomyia*) .....18
- 5'. Um par de espinhos proximais .....6
- 6. Basistilo com grupo basal ou mediano de cerdas implantadas em tubérculos em forma de framboesa (subgênero *Lutzomyia*) .....22
- 6'. Não.....7
- 7. Parâmero com 2-6 cerdas na forma de ganchos ou de outra forma no dorso (subgênero *Lutzomyia*) .....22
- 7'. Com cerdas simples (grupo *oswaldoi*) .....17
- 8. Cibário com 0-2 dentes horizontais, espermateca anelada (grupo *migonei*)..... 22

8'. Não.....	9	18'. Fêmea .....	20
9. Duto espermático individual fortemente quitinizado (subgênero <i>Pressatia</i> ) .....	21	19. Filamentos genitais do mesmo tamanho que a bomba (Figura 9). .....	<i>intermedia</i>
9'. Não .....	10	19'. Maiores (Figura 10) .....	<i>whitmani</i>
10. Cibário com 4 dentes horizontais .....	11	20. Espermateca com 8-10 anelações, duto espermático individual mais largo na inserção da espermateca (Figura 9.) .....	<i>intermedia</i>
10'. Dentes horizontais 6 .....	15	20'. Anelações 12; duto espermático individual maior que a espermateca (Figura 10) .....	<i>whitmani</i>
11. Duto espermático individual inflado (grupo <i>migonei</i> ) .....	23	21. Macho: parâmero largo, processo digitiforme apical; basistilo com grupo basal de 6 ou mais cerdas modificadas e finos pêlos inseridos em tubérculos próximos a base das cerdas modificadas (Figura 8) .....	<i>choti</i>
11'. Não .....	12	21'. Fêmea: cibário com dentes horizontais na armadura bucal; espermateca globosa e pequena, dutos individuais quitinizados e membranosos (Figura 8) .....	<i>choti</i>
12. Dentes horizontais do cibário com espaço largo entre o par mediano (grupo <i>oswaldoi</i> ) .....	17	22. Macho: dististilo com quatro espinhos, basistilo com quatro cerdas na face interna da base, parâmero com duas cerdas dorsais inseridas diretamente (Figura 3) .....	<i>longipalpis</i>
12'. Simetricamente espaçados.....	13	22'. Fêmea: primeiro segmento antenal mais curto que o labro; cibário com uma fileira de 8-12 dentes horizontais, espermateca mais larga que longa (Figura 3) .....	<i>longipalpis</i>
13. Espermateca com paredes lisas ou com estrias incompleta na base, dutos espermático comum mais longo que os dutos individuais (grupo <i>migonei</i> ) ....	23	23. Macho .....	24
13'. Anelada ou estriada, pelo menos em parte.....	14	23'. Fêmea. ....	27
14. Espermateca estriada, em forma de saco (grupo <i>migonei</i> ) .....	23	24. Parâmero dividido ou bifurcado, filamento genital pontudo (figura 4) .....	<i>lenti</i>
14'. Não (subgênero <i>Lutzomyia</i> ) .....	22	24'. Não dividido.....	25
15. Quinto segmento do palpo mais curto que o terceiro e quarto juntos (subgênero <i>Nyssomyia</i> ).....	18	25. Ponta do filamento genital modificado ou inflado, parâmero com lóbulo ao nível do adeago (Figura 5) .....	<i>evandroi</i>
15'. Mais longo (subgênero <i>Lutzomyia</i> ).....	22	25'. Genital simples, não inflado ou modificado, parâmero de outra forma .....	26
16. Machos: escutelo escuro, basistilo bilobado; dististilo não arqueado, um espinho terminal e 3 pequenas cerdas subapicais, parâmero com uma fileira transversal de cerdas viradas para cima (Figura 11) .....	<i>complexa</i>	26. Basistilo com tufo de 3-9 cerdas basais mais curtas que a largura do basistilo, filamentos genitais mais longos que o comprimento da bomba (Figura 6) .....	<i>migonei</i>
16'. Fêmeas: escutelo pigmentado; cibário com quatro dentes horizontais; espermateca menor ou igual ao comprimento do duto individual; duto espermático comum de paredes lisas (Figura 11) .....	<i>complexa</i>		
17. Machos: parâmero e pontas dos filamentos genitais simples, basistilo com grupo reduzido de cerdas medianas ou ausentes; filamentos genitais mais compridos que a bomba (Figura 2) .....	<i>capixaba</i>		
17'. Fêmeas: cibário com quatro dentes horizontais, dentes verticais 0-4, espermateca em forma de lâmpada ou de colar (Figura 2) .....	<i>capixaba</i>		
18. Macho .....	19		

- 26'. Tufo de cerdas basais mais longas que a largura do basistilo, filamentos genitais mais curtos que o comprimento da bomba (Figura 7) .....*cortelezzii*
27. Espermateca cilíndrica, parede lisa, pouco mais larga que os dutos espermáticos individuais, duto espermático comum mais curto que os dutos individuais (Figura 6).....*migonei*
- 27'. Esférica, ovóide ou capsular, dutos espermáticos diferentes .....28
28. Duto espermático comum mais estreito que a largura da forquilha genital, duto individual largo e curto, menor que a largura da espermateca (Figura 7) .....*cortelezzii*
- 28'. Mais largo que a largura da forquilha genital, duto individual diferente .....29
29. Duto espermático comum mais curto que o duto individual, espermateca esférica (Figura 5) .....*evandroi*
- 29'. Mais longo que o duto individual, espermateca em forma de sino (Figura 4) .....*lenti*

Agradecimentos: Pelo apoio, sugestões e informações sobre as zoonoses somos gratos a Gina Maria Freire Brandão Linofi, médica veterinária da Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Saúde do Estado de Sergipe; Ana Denise Costa de Santana e Wilton Pereira dos Santos, biólogos do Núcleo Estadual de Entomologia Médica da Secretaria Estadual da Saúde.

#### REFERÊNCIAS

- Barata, R.C.B. 1995. Malária no Brasil: Panorama epidemiológico na última década. **Cadernos de Saúde Pública** 11(1):128-136.
- Bonfim, C., F. Lessa, C. Oliveira, M.J. Evangelista, M.E. Santo, E. Meireles, J.C. Pereira & Z. Medeiros, 2003. Situação da filariose bancroftiana na Região Metropolitana do Recife: estudo em uma área endêmica no Município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública** 19(5):1497-1505.
- Carrera, M. 1991. **Insetos de interesse médico e veterinário**. Editora da Universidade Federal do Paraná 228p.
- Cimerman, B. & S. Cimerman, 1999. **Parasitologia humana e seus fundamentos gerais**. Editora Atheneu 375p.
- Consoli, R.A.G.B. & R.L. Oliveira, 1994. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Fiocruz 228p.
- Fé, N.F., M.G.V. Barbosa, F.A.A. Fé, M.V.F. Guerra & W.D. Alecrim, 2003. Fauna de Culicidae em municípios da zona rural do Estado do Amazonas, com incidência de febre amarela. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 36(3): 343-348.
- Fontes, G., A.C. Brito, C.M.L. Calheiros, C.M.F. Antunes, E.M.M. Rocha, 1994. Situação atual da filariose bancroftiana na cidade de Maceió, Estado de Alagoas, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública** 10(supl.2):293-300.
- Forattini, O. P. 1973. **Entomologia médica**. 4a. ed., Editora Edgard Blücher 658p.
- Gonçalves, V. S. Neto & J.M.M. Rebêlo, 2004. Aspectos epidemiológicos do dengue no município de São Luís, Maranhão, Brasil, 1997-2002. **Cadernos de Saúde Pública** 20(5):1424-1431.
- Machado, R.L., A.A.R.A. Couto, C.E. Cavasini & V.S.P. Calvosa, 2003. Malária em região extra-amazônica: situação no Estado de Santa Catarina. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 36(5):581-586.
- Lainson, R. & J. J. Shaw, 1970. Leishmaniasis in Brazil. V. Studies on the epidemiology of cutaneous leishmaniasis in Mato Grosso State, and observations on two distinct strains of *Leishmania* isolated from man and forest animals. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene** 64: 654-67.
- Rocha e Silva, E.O. & D.C. Rodrigues, 1974. Encontro do *Plasmodium (S) tropiduri* no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública** 8:163-170.
- Santos-Prezoto, H.H., M. D'Agosto & E. Daemon, 2004. Prevalência e variação dos estádios eritrocíticos do *Plasmodium (Novyella) juxtannucleare* em *Gallus gallus* sob condições naturais, no período de um ano. **Parasitologia Latinoamericana** 59:14-20.
- Young, D. G. & M.A. Duncan, 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sand flies in Mexico, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). **Memoirs of the American Entomological Institute** 54:1-881.

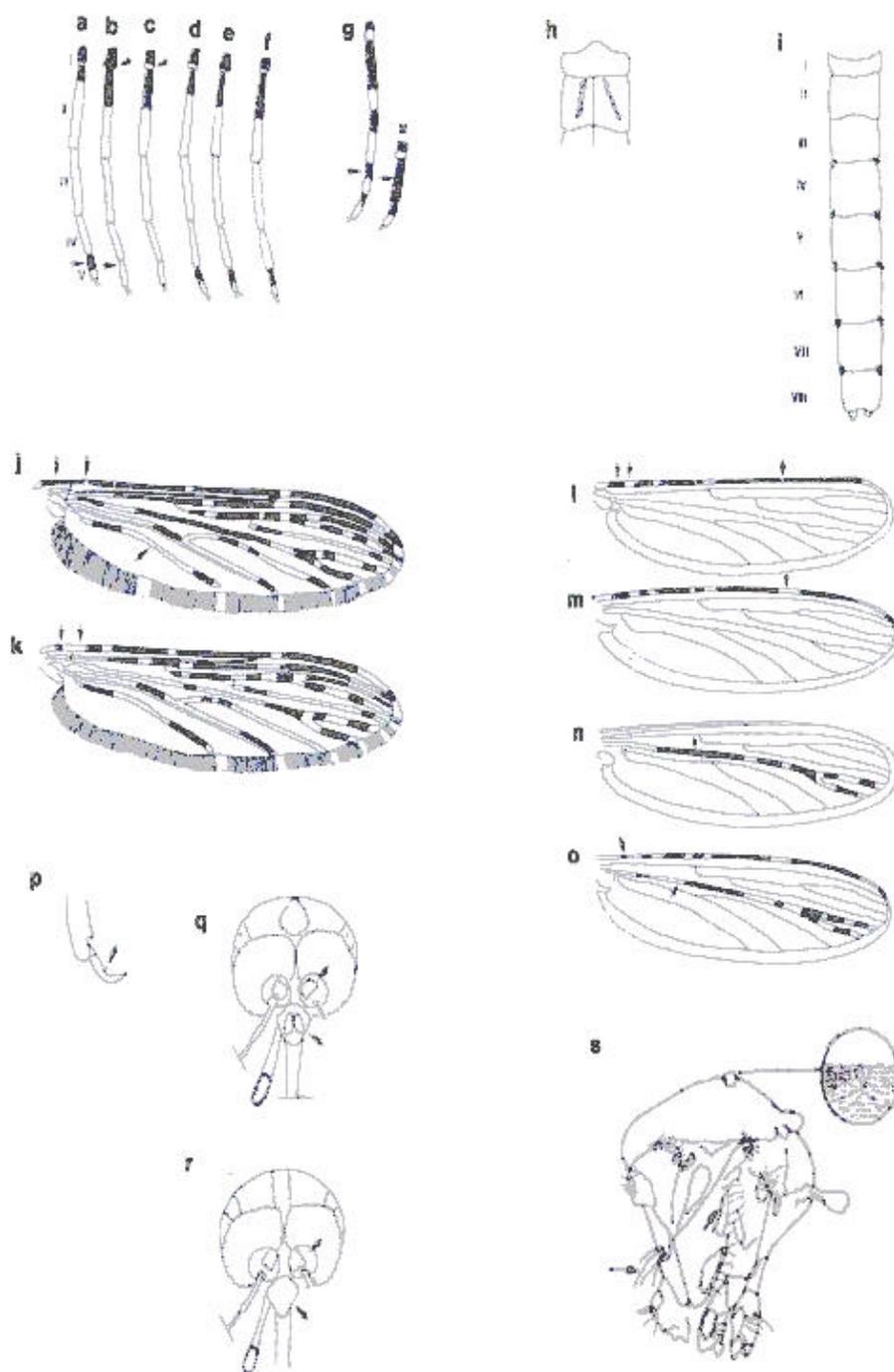


Figura 1. Anophelinae adulto: a-g pernas; h- tórax; i-segmentação do abdôme; j-o asas; p- garras; q-r cabeça; s- detalhe do tórax.

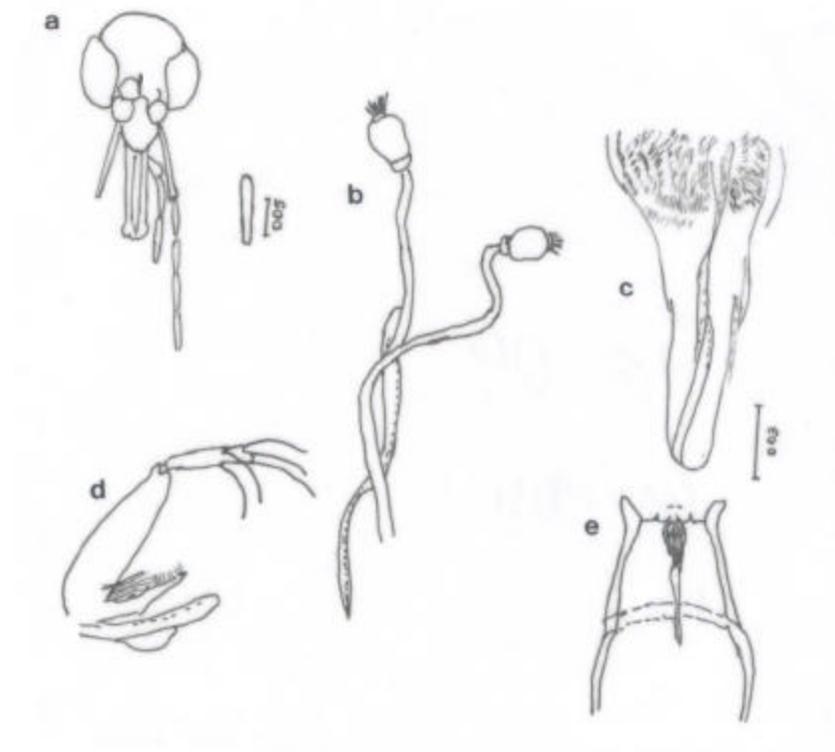


Figura 2. *Lutzomyia capixaba*: a- cabeça da fêmea e antenômero; b- espermateca; c- faringe da fêmea; d- basistilo, dististilo, parâmetro e lobo lateral; e- cibário da fêmea.

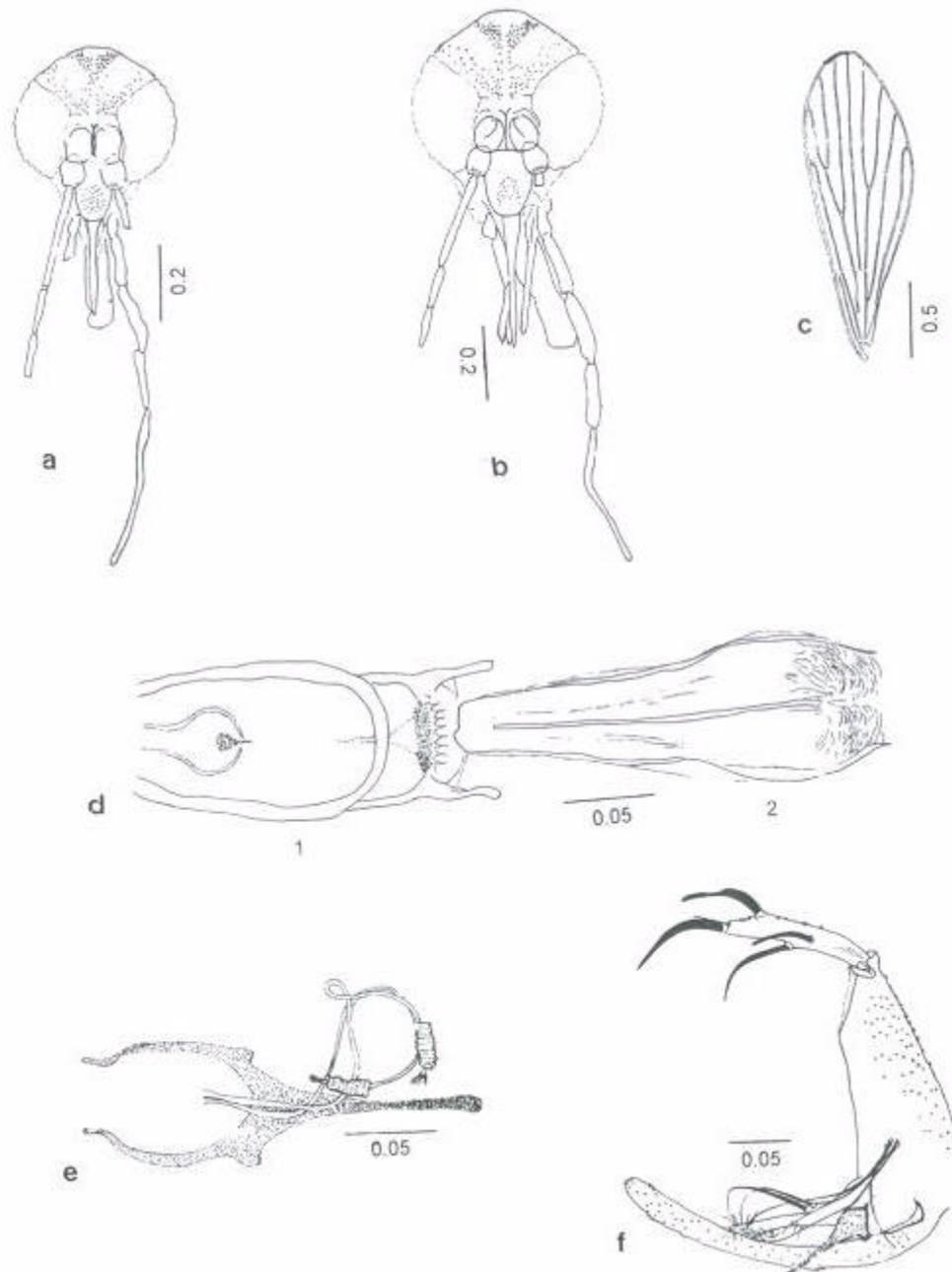


Figura 3. *Lutzomyia longipalpis*: a- cabeça do macho; b- cabeça da fêmea; c- asa da fêmea; d<sup>1</sup> cibario, d<sup>2</sup> faringe; e- espermateca; f- basistilo, dististilo, parâmero e lobo lateral.

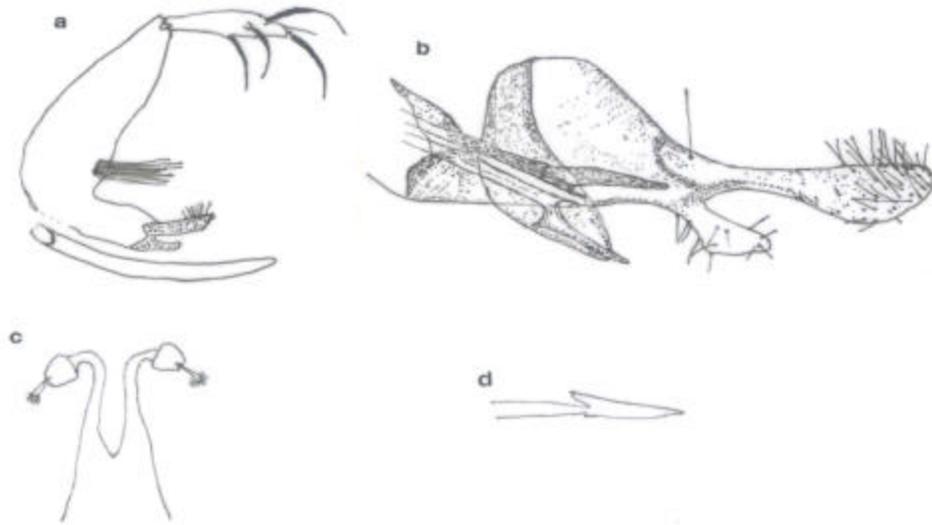


Figura 4. *Lutzomyia lenti*: a - basistilo, dististilo, parâmetro e lobo lateral; b - detalhe do parâmetro; c - espermateca; d - extremidade dos dutos ejaculadores.

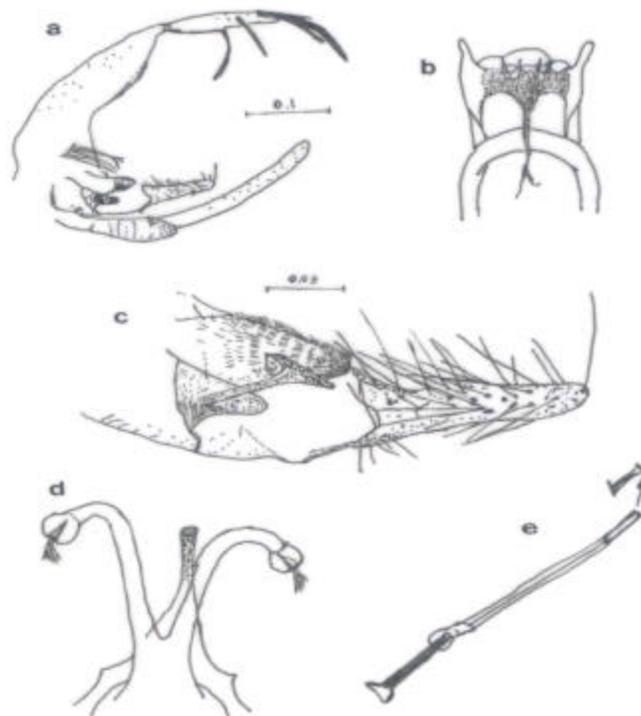


Figura 5. *Lutzomyia evandroi*: a - basistilo, dististilo, parâmetro e lobo lateral; b - cibário da fêmea; c - parâmetro; d - espermateca; e - bomba e filamentos genitais.

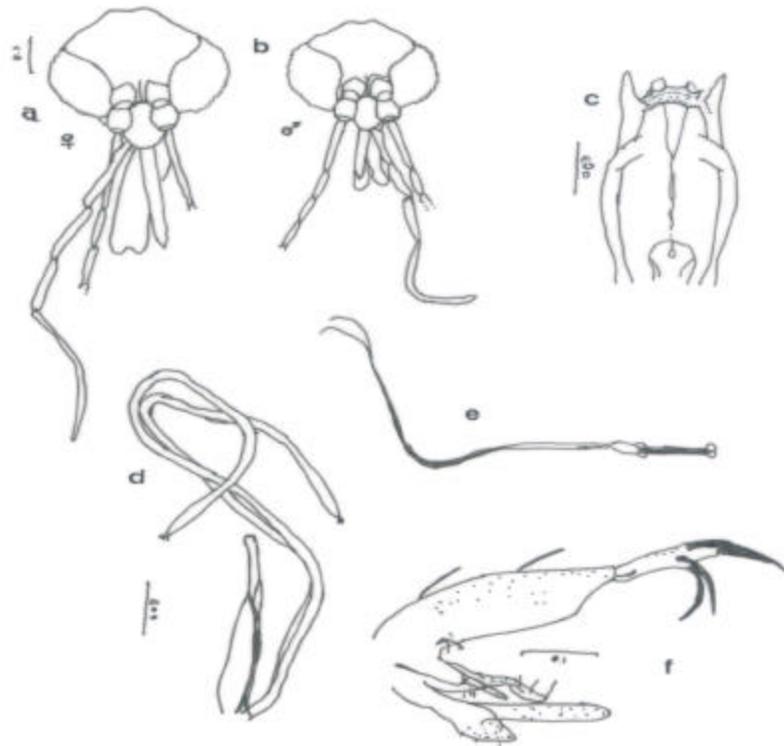


Figura 6. *Lutzomyia migonei*: a- cabeça da fêmea; b- cabeça do macho; c- cibário da fêmea; d- espermateca; e- bomba e filamentos genitais; f- basistilo, dististilo, parâmero e lobo lateral.

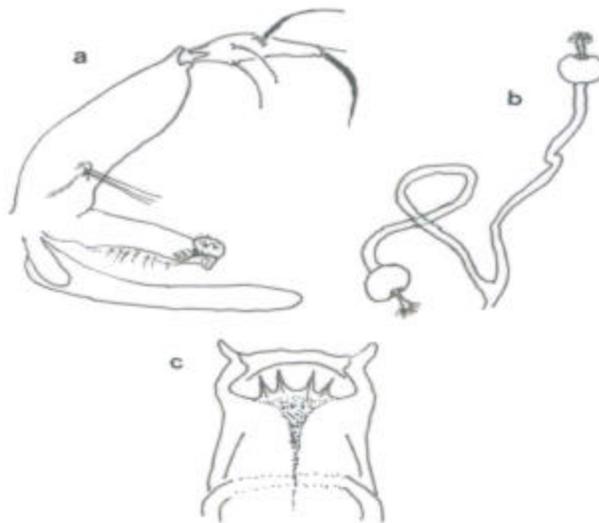


Figura 7. *Lutzomyia cortelezzii*: a- basistilo, dististilo, parâmero e lobo lateral; b- espermateca; cibário.

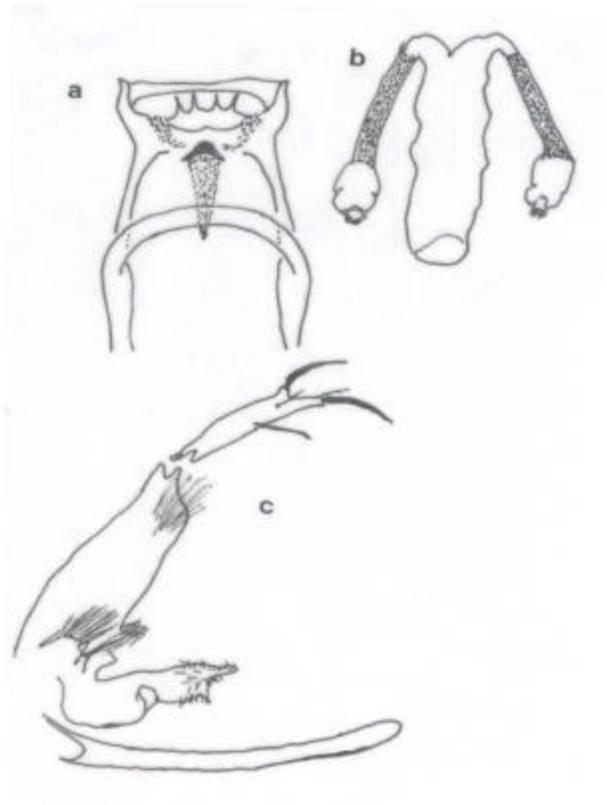


Figura 8. *Lutzomyia choti*: a- cibário; b- espermateca; c- basistilo, dististilo, parâmetro e lobo lateral.

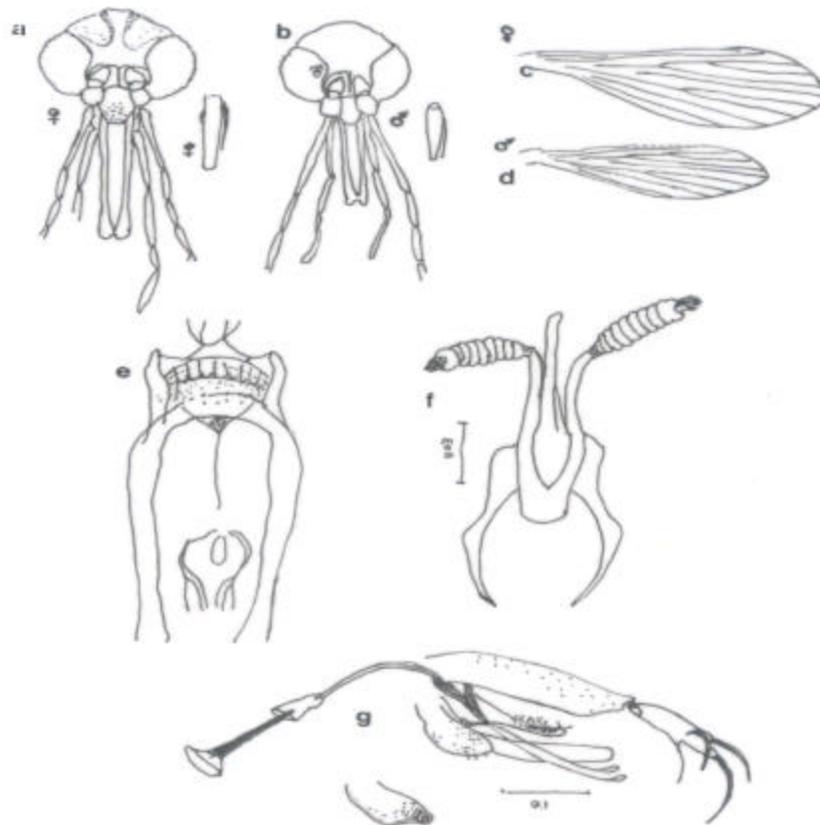


Figura 9. *Lutzomyia intermedia*: a- cabeça e antenômero da fêmea; b- cabeça e antenômero do macho; c- asa da fêmea; d- asa do macho; e- cibário da fêmea; f- espermateca; g- basistilo, dististilo, parâmero e lobo lateral.

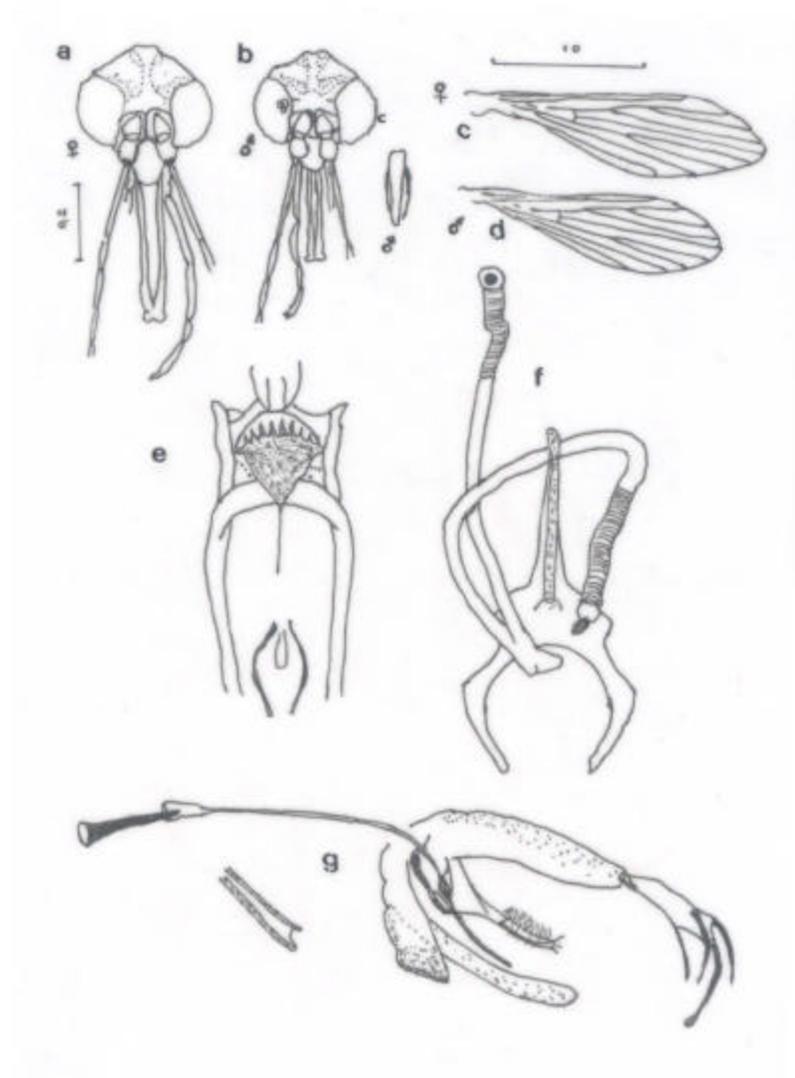


Figura 10. *Lutzomyia whitmani*: a- cabeça da fêmea; b- cabeça do macho e antenômero ; c- asa da fêmea; d- asa do macho; e- cibário da fêmea; f- espermateca; g- basistilo, dististilo, parâmero e lobo lateral, detalhe da ponta do filamento genital.

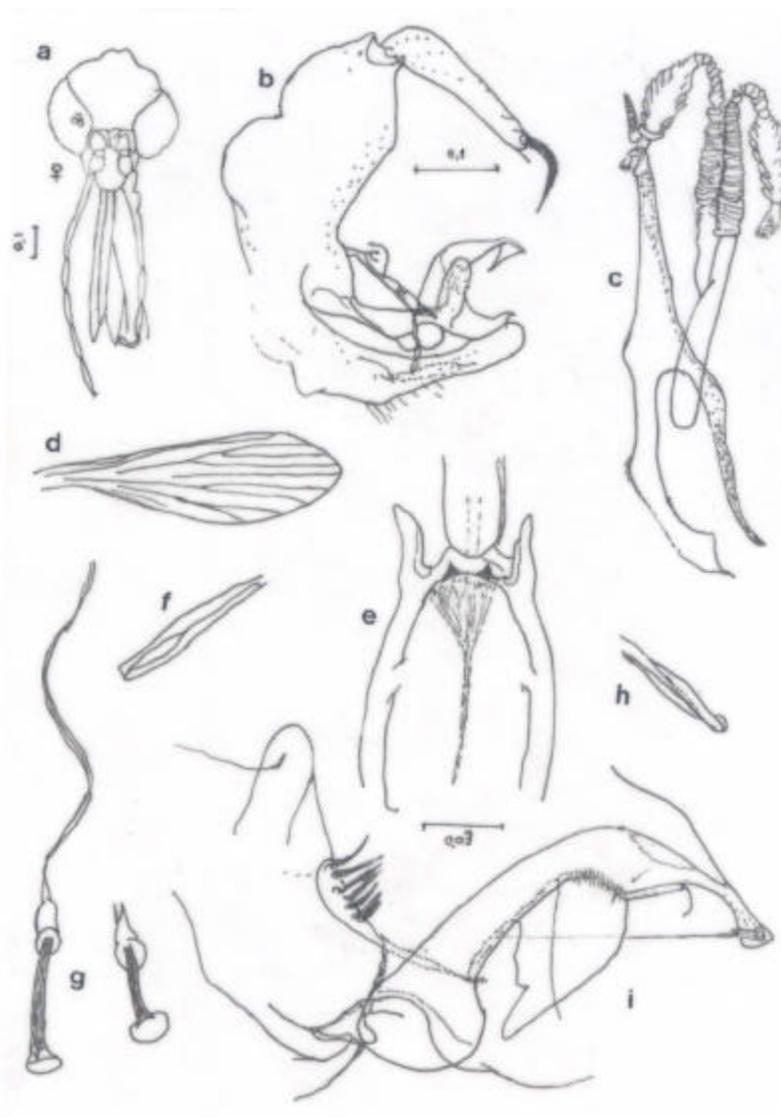


Figura 11. *Lutzomyia complexa*: a- cabeça da fêmea; b- basistilo, dististilo, parâmero e lobo lateral; c- espermateca; d- asa da fêmea; e- cibário da fêmea; f, h- ponta dos filamentos genitais; g- bomba e filamentos genitais; i- parâmero.

# Biologia Geral e Experimental

Universidade Federal de Sergipe

Biol. Geral Exper., São Cristóvão, SE 6(2):49-63

30.x.2006

## CHAVES PARA IDENTIFICAÇÃO DE VETORES DAS PRINCIPAIS ZOOSE DE SERGIPE. II. HEMIPTERA. SIPHONAPTERA. BASOMATOPHORA.

José Oliveira Dantas<sup>1</sup>  
Celso Morato de Carvalho<sup>2</sup>  
Jeane Carvalho Vilar<sup>3</sup>

### RESUMO

São apresentados caracteres morfológicos e chaves para identificação dos vetores das principais e potenciais zoonoses de Sergipe transmitidas por hemípteros (9 espécies), basomatóforos (2 espécies) e sifonápteros (6 espécies), respectivamente tripanossomíase, esquistossomose (*ocorrem*) e peste bubônica (*potencial*). São brevemente comentados os agentes etiológicos, a sistemática e a biologia de cada espécie ou grupos de espécies e aspectos epidemiológicos das zoonoses da região.

**Palavras-chave:** zoonoses, vetores, Hemiptera, Siphonaptera, Basomatophora, Sergipe.

### ABSTRACT

Presented in this study are morphological characters and keys for identification of the main and potentials zoonoses vectors from Sergipe transmitted by hemipterans (9 species), basomatophorans (2 species) and siphonapterans (6 species), respectively: tripanosomiasis, schistosomiasis (*occur*) and bubonic plague (*potential*). The etiologic agents, systematics and biology of each species or group of species and epidemiologic aspects of the regional zoonoses are briefly commented.

**Key words:** zoonoses, vectors, Hemiptera, Siphonaptera, Basomatophora, Sergipe.

### INTRODUÇÃO

Na primeira parte desta série sobre identificação de vetores das principais zoonoses que ocorrem em Sergipe, nós tratamos dos dípteros (Dantas *et al.*, 2006). Neste trabalho, nós relatamos sobre os barbeiros e caramujos, que são os transmissores da tripanossomíase e esquistossomose. Estas zoonoses ocorrem em Sergipe. Fazemos também referência aos sifonápteros porque os vetores ocorrem na região, embora ainda não tenha sido registrada zoonose relacionada a estes insetos.

### MATERIAL E MÉTODOS

As chaves de identificações foram feitas com base na literatura e nos exemplares da coleção entomológica da Secretaria da Saúde de Sergipe. Os caracteres sistemáticos dos vetores, a biologia das espécies e aspectos epidemiológicos das zoonoses são comentados com base nas informações obtidas da literatura e nos órgãos de saúde: Vigilância Ambiental e Epidemiológica da Secretaria da Saúde do Estado de Sergipe e Serviço de Zoonoses da Secretaria da Saúde do Município de Aracaju.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 49100-000, jdantasufs@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 69011-970, cmorato@bol.com.br.

<sup>3</sup> Faculdade Pio Décimo, Campus III, Aracaju, Sergipe, jcvilar@bol.com.br.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Ordem Hemiptera

Os hemípteros, popularmente conhecidos como percevejos, baratas-d'água, barbeiros e chupanças, se diferenciam dos demais insetos por terem o primeiro par de asas com a metade basal dura e a metade distal membranosa (hemiélitros). Quanto à alimentação podem ser fitófagos (a maioria), hematófagos, predadores de insetos e de pequenos vertebrados. Dentre as espécies hematófagas estão os percevejos (família Cimicidae), os ectoparasitas de morcegos (família Polycetenidae) e os barbeiros (família Reduviidae, subfamília Triatominae).

Os barbeiros têm importância para as zoonoses, porque hematófagos, são os vetores do protozoário *Trypanosoma cruzi* (Família Trypanosomatidae), agente etiológico da tripanossomíase. Esta zoonose ocorre do sul dos Estados Unidos até a Patagônia, envolvendo um ciclo silvestre e outro doméstico, devido à domiciliação dos triatomíneos (Galvão, 2003; Cimerman & Cimerman, 1999).

## Família Reduviidae

## Subfamília Triatominae

Os reduviídeos são caracterizados pela probóscida com três segmentos. Cabeça livre, geralmente bilobada; rostró curto com três segmentos no sulco na face ventral do protórax quando em repouso; antenas geralmente com quatro segmentos; hemiélitro bem desenvolvido com nervuras anastomosadas na base, com três a quatro nervuras longitudinais que formam três células discoidais (Lent & Wygodzinsky, 1979). Os triatomíneos podem ser reconhecidos pelo rostró reto, abdome dilatado, amarelo e preto ou preto e vermelho, protórax geralmente com espinhos. Em Sergipe ocorrem os triatomíneos dos gêneros *Triatoma*, *Panstrongylus* e *Rhodnius*.

Gênero *Panstrongylus* Berg, 1879

*Reconhecimento:* As espécies deste gênero podem ser reconhecidas pela cabeça triangular.

*Sistemática:* Cabeça robusta, triangular e curta com relação ao tórax, presença de tubérculos setíferos; tubérculos anteníferos anterior ao olho; cabeça e corpo lisos ou com pêlos curtos (Lent & Wygodzinsky, 1979).

*Biologia:* Os barbeiros deste gênero, como os demais triatomíneos, possuem hábitos noturnos e vivem dentro ou ao redor das habitações, principalmente nas frestas das paredes. O período de reprodução das fêmeas é cerca de 4 meses, cada fêmea pode botar entre 100-200 ovos e a eclosão ocorre cerca de 18-25 dias após a desova. Do ovo até a fase adulta e aparecimento das asas (voa pouco), passam por 5 estágios de ninfa e podem viver de um a dois anos (Cimerman & Cimerman, 1999:88).

*Comentários:* As espécies de *Panstrongylus* estão associadas principalmente com os animais que moram nas habitações e perto destas, como cães e aves, formando o ciclo domiciliar da transmissão da tripanossomíase. Alguns mamíferos, como macacos, tapetis, tatus, gambás e catitas, ratos, morcegos, irara, gatos e cachorros do mato são parasitados por *Trypanosoma cruzi* e não têm contato direto com humanos, mas podem funcionar como reservatórios e formar o ciclo silvestre da transmissão da tripanossomíase (Freitas *et al.*, 2005; Lent & Wygodzinsky, 1979; Carrera, 1991; Cimerman & Cimerman, 1999:91). Em Sergipe ocorrem 2 espécies de *Panstrongylus* transmissoras de tripanossomíase: *lutzi* e *megistus*, a última parece ser bem adaptada aos domicílios, pelo menos na região nordeste.

Gênero *Rhodnius* Stal, 1859

*Reconhecimento:* As espécies deste gênero são caracterizadas por terem a cabeça alongada e as antenas implantadas próximas ao clipeo.

**Sistemática:** Cabeça fina, com calosidade lateral pós-ocular, provida de tubérculos setíferos; as antenas são implantadas em tubérculos inseridos perto da extremidade cefálica anterior (Lent & Wygodzinsky, 1979).

**Biologia:** A maioria das espécies frequenta o alto das palmeiras, onde se aninham gambás e roedores. A desova é fixada no substrato; os ovos são postos individualmente ou em grupos irregulares. Dentre as espécies domésticas algumas são vetoras de *Trypanosoma cruzi* (Toledo *et al.*, 1997; Carrera, 1991).

**Comentários:** Em Sergipe ocorre *Rhodnius neglectus*, transmissor de *T. cruzi*, mas a espécie é pouco domiciliada, em virtude de seus hábitos. Este barbeiro pode ser reconhecida pelos seguintes caracteres (Lent & Wygodzinsky, 1979): colorido geral castanho-escuro; trocanteres muitos claros, contrastando com a coloração escura dos fêmures; conexivo dorsal e ventral com manchas escuras bem delimitadas em cada segmentos; abdome com mancha longitudinal amarelada na porção mediana, que se prolonga até o metasterno; antena com o 3º segmento com a parte basal escura e a apical clara; processo mediano do pigóforo estreito na base (Figura 9).

Gênero *Triatoma* Laporte, 1832

**Reconhecimento:** Os barbeiros deste gênero podem ser reconhecidos prontamente pela cabeça alongada e antenas implantadas entre os olhos e o clípeo.

**Sistemática:** Cabeça alongada; antenas inseridas em tubérculos implantados na porção mediana entre os olhos e o clípeo; rostro atinge o prosterno, o primeiro segmento nitidamente mais curto que o segundo (Lent & Wygodzinsky, 1979).

**Biologia:** Ver *Panstrongylus*.

**Comentários:** Na região nordeste este barbeiro é menos domiciliado que *Panstrongylus*. Em Sergipe ocorrem 6 espécies de *Triatoma* transmissoras de

tripanossomíase: *melanocephala*, *brasiliensis*, *pseudomaculata*, *tibiamaculata*, *infestans* e *sordida*.

Ordem Siphonaptera

Os sifonápteros são as conhecidas pulgas, que podem ser diferenciadas dos outros insetos pela ausência de asas e corpo comprimido. Têm cerca de 1-3 mm de comprimento e geralmente as fêmeas são maiores. A coloração varia do castanho-amarelada ao preto, o corpo é comprimido, facilitando o deslocamento entre os pêlos do hospedeiro, e as pernas posteriores são adaptadas para saltar. De interesse para as zoonoses, em Sergipe ocorrem as famílias Rhopalopsyllidae e Pulicidae.

Família Rhopalopsyllidae

As pulgas desta família têm duas fileiras de cerdas transversas no dorso dos segmentos abdominais. Os ctenídios são ausentes, têm três fileiras de cerdas na região pós-antenal e duas fileiras de cerdas que percorrem transversalmente os segmentos abdominais (Carrera, 1991; Linardi, 2002).

Gênero *Polygenis* Jordan, 1939

**Reconhecimento:** As pulgas deste gênero apresentam o 5º artigo do tarso do último par de pernas igual ou menor que o 2º artigo das pernas medianas.

**Sistemática:** São pulgas desprovidas de ctenídios; apresentam três fileiras de cerdas no occipício; duas fileiras de cerdas no abdome; pênis enrolado com várias voltas (Linardi, 2002).

**Biologia:** As pulgas são holometabólicas, ambos os sexos são hematófagos. As fêmeas, fecundadas após um ou vários repastos sanguíneos, desovam 3-18 ovos por postura, a qual é feita nos locais onde vivem seus hospedeiros. O desenvolvimento embrionário é dependente da temperatura e dura 2-21 dias, dependendo da espécie.

As larvas são vermiformes, possuem aparelho bucal mastigador e se alimentam dos dejetos (sangue e fezes) produzidos pelas pulgas adultas. A transformação para pupa dura em média 15 dias, permanecendo nesta fase por 7-10 dias. O tempo de vida dos adultos depende da alimentação e varia entre 100-500 dias, conforme a espécie (Pessôa, 1969; Carrera, 1991; Linardi, 2002)

*Comentários:* Estas são as pulgas específicas dos roedores silvestres e responsáveis pela manutenção do ciclo da peste silvestre. Várias espécies do gênero *Polygenis* desta família parecem ser naturalmente infectadas com o bacilo da peste bubônica, *Yersinia pestis*. São as espécies mais freqüentes no nordeste e sudeste do Brasil; em Sergipe ocorrem duas espécies do gênero *Polygenis*, *tripus* e *bohlsi*.

#### Família Pulicidae

*Reconhecimento:* As pulgas desta família são caracterizadas pela presença de uma fileira de cerdas dorsais nos segmentos abdominais.

*Sistemática:* Ctenídio genal e pronotal ausentes; o comprimento dos três segmentos torácicos é menor que o primeiro segmento abdominal.

*Biologia:* Ver gênero *Polygenis*.

*Comentários:* As pulgas desta família são as transmissoras da peste bubônica. A família é composta por diversas espécies que parasitam os humanos e outros vertebrados (Carrera, 1991; Linardi, 2002). Em Sergipe ocorrem os gêneros *Ctenocephalides*, *Pulex* e *Xenopsylla*.

#### Gênero *Ctenocephalides* (Kolenati, 1859)

*Reconhecimento:* As pulgas deste gênero podem ser caracterizadas pela presença de ctenídio genal e pronotal.

*Sistemática:* Tergitos torácicos mais longos que o primeiro tergito abdominal, cerdas antipigídiais presentes, espermateca clara (Linardi, 2002).

*Biologia:* Ver gênero *Polygenis*.

*Comentários:* As pulgas deste gênero são associadas a cães e gatos, mas eventualmente podem picar humanos. Em Sergipe ocorrem *Ctenocephalides canis* e *C. felis*, ambas podem ser vetoras da peste bubônica.

#### Gênero *Pulex* Lineus, 1758

*Reconhecimento:* As pulgas deste gênero podem ser reconhecidas por terem o occipício com uma cerda de cada lado (Figura 10a).

*Sistemática:* Além do occipício característico, têm a mesopleura inteira, ctenídios genal e pronotal ausentes, espermateca clara (Linardi, 2002).

*Biologia:* Ver gênero *Polygenis*.

*Comentários:* Em Sergipe ocorre *Pulex irritans*, pulga potencialmente transmissora da peste bubônica.

#### Gênero *Xenopsylla* Glinkiewicz, 1907

*Reconhecimento:* As espécies deste gênero são reconhecidas por terem uma fileira de cerdas no occipício.

*Sistemática:* Cerdas implantadas próximas ao sensillum, mesopleura dividida; espermateca escura (Linardi, 2002).

*Biologia:* Ver gênero *Polygenis*.

*Comentários:* As pulgas do gênero *Xenopsylla* acompanhavam os ratos que viviam nos porões dos navios. *Xenopsylla cheopis* e *X. brasiliensis* (ambas ocorrem em Sergipe) podem se contaminar com o bacilo *Yersinia pestis* e transmitir a peste sob as formas bubônica, a mais comum (inflamação dos linfonodos), septicêmica (com hemorragias) e pneumônica (afeta pulmões), a terceira através da transmissão de pessoas infectadas para outras. Esta zoonose é controlada através da contagem de pulgas em ratos e coleta de sangue de roedores para diagnóstico laboratorial (Raw & Sant'Anna, 2002). No Brasil, entre 1983-2000, foram notificados 487 casos de peste humana, registrados principalmente nordeste; em Sergipe foi registrado 1 caso em 1946 (Brasil, 2002).

### Ordem Basomatophora

Os basomatóforos (Gastropoda, Pulmonata), hospedeiros intermediários da esquistossomose mansônica, são caramujos que têm a concha em espiral simples, cuja cavidade palial é revestida por tecido vascularizado para respiração (pulmão), as brânquias são ausentes. Apresentam um par de tentáculos cefálicos, o que caracteriza o grupo. A concha é cônica, discoidal ou pateliforme, geralmente lisa, sem opérculo. Diversas espécies de basomatóforos são hospedeiras de parasitas humanos, como *Schistosoma mansoni*, agente da esquistossomose (Ruppert & Barnes, 1996). Os basomatóforos relevantes que ocorrem em Sergipe são da família Planorbidae, gênero *Biomphalaria*.

### Família Planorbidae

A característica dos planorbídeos é a concha discoidal ou planispiral, lembrando uma moeda ou medalhão. Os tentáculos são longos e finos, os olhos situados nas bases internas dos tentáculos, que são compridos e afilados. São caramujos hermafroditos, com as aberturas genitais sinistras (Boffi, 1979; Pennak, 1989; Barbosa, 1995; Ruppert & Barnes, 1996). Os planorbídeos gostam das águas rasas e paradas, com quantidade moderada de matéria orgânica e de penetração de luz, substrato lodoso, vegetação emersa e imersa abundante. Podem permanecer em locais úmidos por muito tempo quando a água é pouca. São ovíparos e hermafroditas, podem se reproduzem o ano inteiro. A cópula se dá com um indivíduo atuando como macho e o outro como fêmea. O sistema genital é composto basicamente de um ovoteste, que produz óvulos e espermatozoides, seguido de um canal para passagem dos mesmos, o qual se divide em dois ramos, um masculino e outro feminino (Barbosa, 1995; Ruppert & Barnes, 1996). Em Sergipe ocorre o gênero *Biomphalaria*.

Gênero *Biomphalaria* Preston, 1910

*Reconhecimento:* Os caramujos do gênero *Biomphalaria* são reconhecidos por terem a concha na forma de um medalhão

*Sistemática:* Concha planispiral entre 7-40 mm, amarelo palha, mas modifica-se em contato com as substâncias corantes nos criadouros. Apresenta dois tentáculos longos e filiformes; olhos posicionados na base dos tentáculos. A boca é contornada pela mandíbula, que tem frontalmente a forma de T. A abertura genital a masculina localiza-se atrás da base do tentáculo esquerdo e a feminina um pouco mais atrás. O pé é oblongo; na porção cefálica da massa visceral, o manto dobra-se para formar a cavidade pulmonar (Pennak, 1989; Bezerra, 2002).

*Biologia:* Os bionfalários têm hemofinfa com hemoglobina. A reprodução é cruzada, os ovos são depositados numa massa gelatinosa e presos na vegetação. Põem em média 100 ovos por postura, que é diária. A eclosão dos ovos ocorre cerca de 7 dias após a postura. Os bionfalários colonizam locais ricos em microflora e matéria orgânica, com bastante insolação e temperatura em torno de 20°-26°C, pH neutro tendendo a alcalino, leito raso, lodoso ou rochoso e vegetação enraizada mais próxima da margem. Estes caramujos se alimentam de folha e outras partes vegetais, algas, lodo, bactérias e excrementos de outros animais (Ruppert & Barnes, 1996; Neves, 2002).

*Comentários:* A esquistossomose mansônica (bilharziose, barriga d'água, xistose) é uma zoonose cujos maiores focos estão no nordeste e norte de Minas Gerais. Dentre as seis espécies do gênero *Schistosoma* que ocorrem na Ásia, África e América do Sul, no Brasil *S. mansoni* (Sambon, 1907), descrita em 1907 por Pirajá da Silva como *S. americanum*, é o agente da esquistossomose (Cimerman & Cimerman, 1999). O ciclo desta zoonose envolve caramujos como hospedeiros intermediários e humanos como hospedeiros definitivos; roedores podem funcionar como reservatório ou como hospedeiros definitivos

(Amorim *et al.*, 1954). A esquistossomose foi introduzida no Brasil durante o período colonial, através dos portos de Recife e Salvador, depois se espalhou para a Bahia, Rio Grande do Norte e Minas Gerais. Em Sergipe foram registrados 64543 casos de esquistossomose entre 1999-2004, a maioria proveniente de regiões de mata atlântica e agreste, onde ocorrem *Biomphalaria glabrata* e *B. straminea* (Rosas, 1987; Rosas & Ribeiro, 1987).

### Identificações

As chaves estão apresentadas na seguinte ordem: família e subfamília de hemípteros, gêneros de triatomíneos e espécies de *Triatoma* e *Panstrongylus*; famílias de sifonápteros, espécies de *Polygenis*, gêneros de pulicídeos e espécies de *Xenopsylla* e *Ctenocephalides*; espécies de *Biomphalaria*.

#### Hemiptera – Família e Subfamília

(Adaptado de Neves, 2002)

1. Probóscida longa, quatro segmentos.....fitófagos
- 1'. Curta, três segmentos (família Reduviidae).....2
2. Probóscida curva (não hematófagos)..... predadores
- 2'. Reta (hematófagos)..... subfamília Triatominae

#### Triatominae - Gêneros

(Adaptado de Lent & Wygodzinsky, 1979)

1. Cabeça com calosidade lateral pós-ocular; antenas implantadas próximas ao clipeo (Rhodniini) ..... *Rhodnius*
- 1'. Não (Triatomini)..... 2
2. Cabeça curta e larga; tubérculos anteníferos inseridos perto do bordo anterior dos olhos; cabeça e corpo liso ou com pêlos curtos ..... *Panstrongylus*
- 2'. Cabeça cilíndrica; tubérculos anteníferos não inseridos na proximidade dos olhos ..... *Triatoma*

#### *Triatoma* - Espécies

(Adaptado de Lent & Wygodzinsky, 1979)

1. Tíbia clara com ponta escura; fêmures escuros; faixas escuras transversais no conexivo; pronoto escuro com os bordos laterais e posterior, ângulos antero-laterais vermelho-alaranjados (Figura 1) ..... *tibiamaculata*
- 1'. Tíbia escura ou com anelção clara subapical ..... 2
2. Fêmures com manchas claras; trocanteres amarelados ..... 3
- 2'. Sem manchas, trocanteres escuros ..... 5
3. Coxas e fêmures claros; fêmures com anel castanho sub-apical e manchas irregulares na superfície dorsal; pronoto castanho com 1+1 manchas amareladas nas regiões humerais (Figura 2)..... *sordida*
- 3'. Não.....4
4. Fêmures amarelos na base; pronoto preto; cabeça tão longa quanto o pronoto (Figura 3) ..... *infestans*
- 4'. Fêmures claros no meio; pronoto castanho com manchas amarelas (1+1) sobre as carenas, cabeça mais longa que o pronoto (Figura 4) ..... *brasiliensis* (parte)
5. Cabeça maior que o pronoto; rostro com o 3º segmento sempre menor que o 2º; manchas de cor amarela, laranja ou vermelha; rostro grosso, 2º e 3º segmento com pêlos longos muito abundantes (Figura 4)..... *brasiliensis* (parte)
- 5'. Não ..... 6
6. Genas não ultrapassam a ponta do clipeo; 2º e 3º segmentos do rostro com pêlos longos abundantes (Figura 5) ..... *melanocephala*
- 6'. Genas ultrapassam a ponta do clipeo; 2º e 3º segmentos do rostro com pêlos curtos (Figura 6) ..... *pseudomaculata*

#### *Panstrongylus* - Espécies

(Adaptado de Lent & Wygodzinsky, 1979)

1. Processo apical do escutelo alongado, cilíndrico, afilado na ponta (Figura 7) ..... *lutzi*

1'. Processo curto, arredondado, cônico ou truncado na ponta (Figura 8) .....*megistus*

#### Famílias de Siphonaptera

(Adaptado de Carrera, 1991)

1. Duas fileiras de cerdas transversas no dorso dos segmentos abdominais.....*Rhopalopsyllidae*

1'. Uma fileira ..... *Pulicidae*.

#### Espécies de *Polygenis*

(Adaptado de Pessôa, 1969)

1. 9º esternito do macho com braço ventral longo, cerdas da ponta orientadas num só sentido ..... *tripus*

1'. 9º esternito com braço ventral curto, tufo de cerdas da ponta viradas para baixo ..... *bohlsi*

#### Chave para gêneros de *Pulicidae* de Sergipe

(Adaptado de Carrera, 1991)

1. Ctenídio genal e pronotal presentes (Figura 10f-10g)..... *Ctenocephalides*

1'. Ausentes..... 2

2. Occipício com apenas uma cerda de cada lado, espermateca clara (Figura 10a) ..... *Pulex*

2'. Com uma fileira de cerdas, espermateca escura (Figura 10b-10e) .....*Xenopsylla*

#### Chave para espécies de *Xenopsylla* de Sergipe

(Adaptado de Carrera, 1991)

1. Cerdas antepigidiais implantados em tubérculos nos machos, espermateca pequena, corpo mais largo que a base da cauda (Figura 10b-10e) ..... *brasiliensis*

1'. Cerdas não implantadas em tubérculos, espermateca grande, largura do corpo e base da cauda iguais (Figura 10c-10d) ..... *cheopis*

#### Espécies de *Ctenocephalides*

(Adaptado de Carrera, 1991)

1. Primeiro dente do ctenídio genal mais curto que o segundo; cabeça das fêmeas curta e alta, fronte arredondada (Figura 10g) ..... *canis*

1'. Primeiro dente aproximadamente do mesmo tamanho que o segundo; cabeça das fêmeas alongada e baixa (Figura 10f) ..... *felis*

#### Chave para espécies de *Biomphalaria* de Sergipe

(Adaptado de Boffi, 1979)

1. Concha com 6-7 giros, arredondadas e de perfil acentuadamente oblíquo para a esquerda; abertura arredondada ou oval geralmente subangular no canto esquerdo inferior (Figura 13); parede dorsal da vagina lisa; crista renal presente (Figura 14) .....*glabrata*.

1'. Concha com 5 giros, arredondadas ou subangulares no lado esquerdo e arredondadas no direito; abertura arredondada ou cordiforme defletida para a direita (Figura 11); parede dorsal da vagina enrugada; crista renal ausente (Figura 12) .....*straminea*

**Agradecimentos:** Somos gratos à médica veterinária Gina Maria Freire Brandão Linofi, da Vigilância Epidemiológica de Sergipe e aos biólogos Ana Denise Costa de Santana e Wilton Pereira dos Santos, do Núcleo Estadual de Entomologia Médica, Secretaria da Saúde do Estado de Sergipe, pelo apoio e informações sobre as zoonoses.

#### REFERÊNCIAS

- Amorim, J.P., D.A.Rosa & D.T. Lucena, 1954. Ratos silvestres, reservatórios do *Shistosoma mansoni* no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais** 6:113-128.
- Brasil, 2002. **Guia de vigilância epidemiológica**. 5ª ed., vol. II, Ministério da Saúde - Fundação Nacional de Saúde 146p.
- Barbosa, F.S. 1995. **Tópicos de malacologia médica**. Fiocruz 314p.
- Bezerra, F.S.M. 2005. Moluscos transmissores da esquistossomose mansoni, pp.194. *In: Parasitologia humana* (D.P. Neves, Org.). 11a. ed., Editora Atheneu 494p.
- Boffi, A. V. 1979. **Moluscos brasileiros de interesse médico e econômico**. Hucitec 182p.
- Carrera, M. 1991. **Insetos de interesse médico e veterinário**. Editora da Universidade Federal do Paraná 228p.
- Cimerman, B. & S. Cimerman, 1999. **Parasitologia humana e seus fundamentos gerais**. Editora Atheneu 375p.

- Dantas, J.O., C.M. Carvalho & J.C. Vilar, 2006. Chaves para identificação de vetores das principais zoonoses de Sergipe. I. Diptera. **Biologia Geral e Experimental** 6(2):32-48.
- Freitas, S.P.C., E.S. Lorosa, D.C.S. Rodrigues, A.L.C. Freitas & T.C.M. Gonçalves, 2005. Fontes alimentares de *Triatoma pseudomaculata* no Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Saúde Pública** 39 (1): 27-32.
- Galvão, C. 2003. A sistemática dos Triatomíneos (Hemiptera, Reduviidae) de DE GEER ao DNA. **Entomologia y Vectores** 10 (4): 511-530.
- Lent, H. & P.A. Wygodzinsky, 1979. Revision of the Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas' disease. **Bulletin of the American Museum of Natural History** 163 (3): 123-520.
- Linardi, P.M. 2005. Siphonaptera, pp.359. In: **Parasitologia humana** (D.P. Neves, Org.). 11a. ed., Atheneu 494p.
- Neves, D. P. 2005. **Parasitologia humana**. 11a. ed., Atheneu 494p.
- Pennak, R.W. 1989. **Fresh-water invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca**. 3rd ed., John Wiley & Sons 628p.
- Pessoa, S.B. 1969. **Parasitologia médica**. 7ª ed. Editora Guanabara Koogan 943p.
- Raw, I. & O.A. Sant'Anna, 2002. **Aventuras da microbiologia**. Hacker Editores - Narrativa Um 171p.
- Ruppert, E.E. & R.D. Barnes, 1996. **Zoologia dos invertebrados**. 6ª ed., Editora Roca 1029p. + apêndices.
- Rosas, E. 1987. Observações ecológicas sobre *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848) em áreas do nordeste brasileiro. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 82(supl.4):311-314.
- Rosas, E. & E.C. Ribeiro, 1987. Estudo da ação do moluscocida (Breylyscide – SRB) da Dynatech R/D Company em lagos do nordeste brasileiro - Sergipe, Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz** 82(supl.4):321-329.
- Toledo, M.J.O., J.B. Kuhl, S.V. Silva, M.V. Gasperi & S.M. Araújo, 1997. Estudo sobre triatomíneos e reservatórios silvestres de *Tripanosoma cruzi* no Estado do Paraná, sul do Brasil- Resultados preliminares. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical** 30(3):197-203.

Aceito: 20.vi.2006

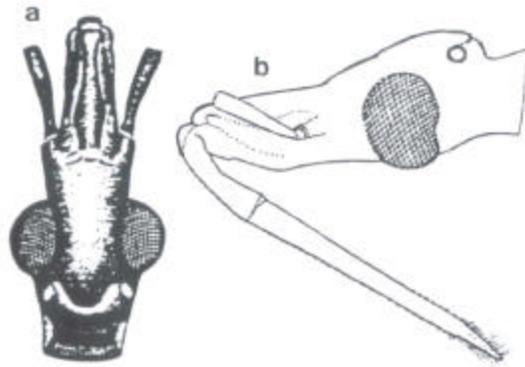


Figura 1. *Triatoma tibiamaculata*: a- cabeça, aspecto dorsal; b- cabeça, vista lateral.

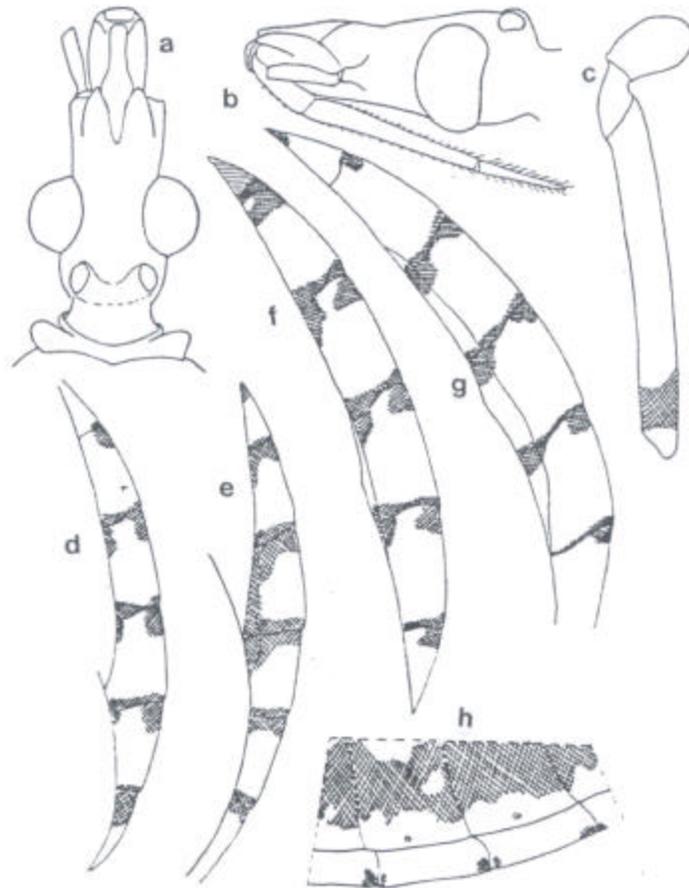


Figura 2. *Triatoma sordida*: a- cabeça, vista dorsal; b- cabeça, vista lateral; c- pigmentação padrão da coxa posterior; d-e- parátipos de *garciabesi*, aspecto dorsal; f- espécime de Missões; g- espécime do Brasil, aspecto dorsal; h- espécime do Brasil, vista ventral, com porções adjacentes de urosternitos.

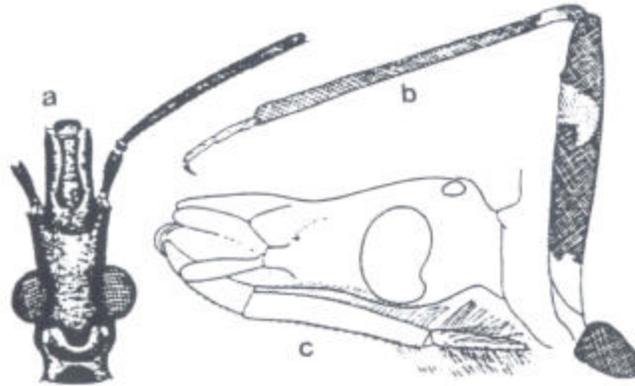


Figura 3. *Triatoma infestans*: a- cabeça, vista dorsal; b- padrão de coloração da perna mediana; c- cabeça, vista lateral.

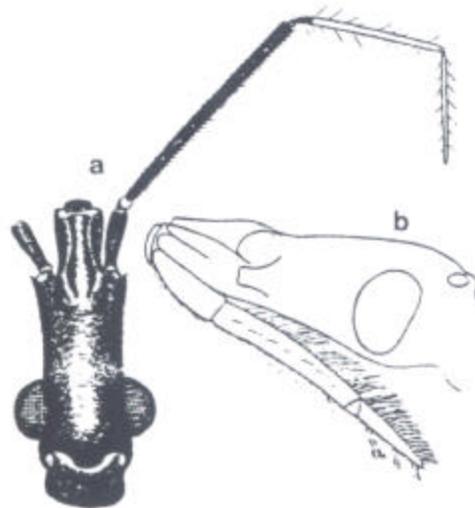


Figura 4. *Triatoma brasiliensis*: a- cabeça, vista dorsal; b- aspecto lateral da cabeça.

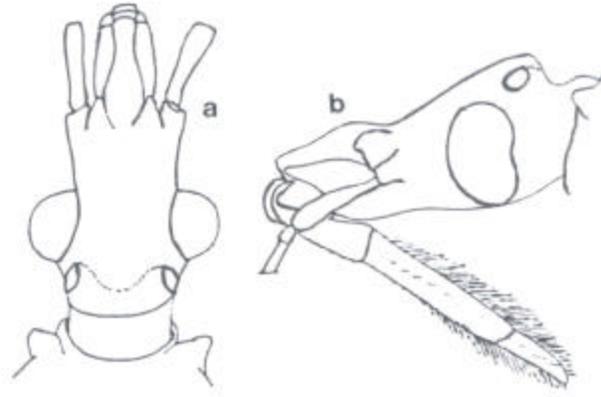


Figura 5. *Triatoma melanocephala*: a- cabeça, vista dorsal; b- cabeça, aspecto lateral.

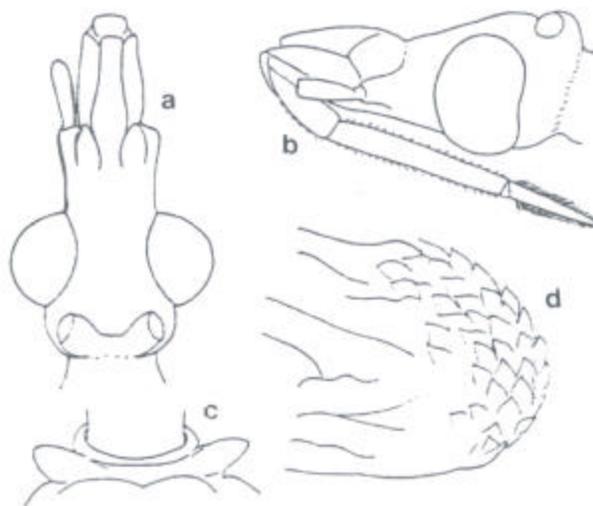


Figura 6. *Triatoma pseudomaculata*: a- cabeça, vista dorsal; b- cabeça, aspecto lateral; c- colarinho; d- ápice lateral do endossoma.

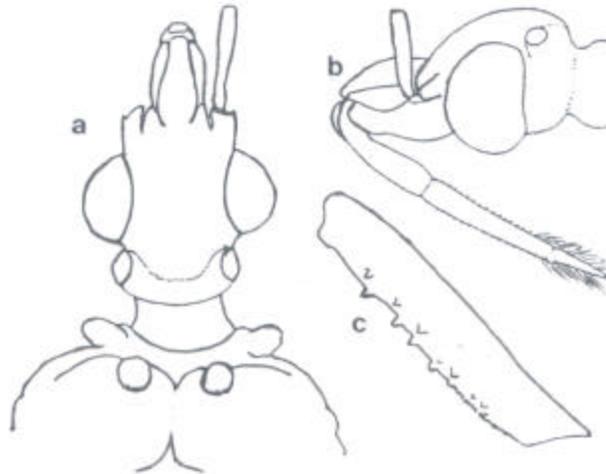


Figura 7. *Panstrongylus lutzi*: a- cabeça e porção anterior do pronoto; b- cabeça, vista lateral; c- fêmur da perna anterior.

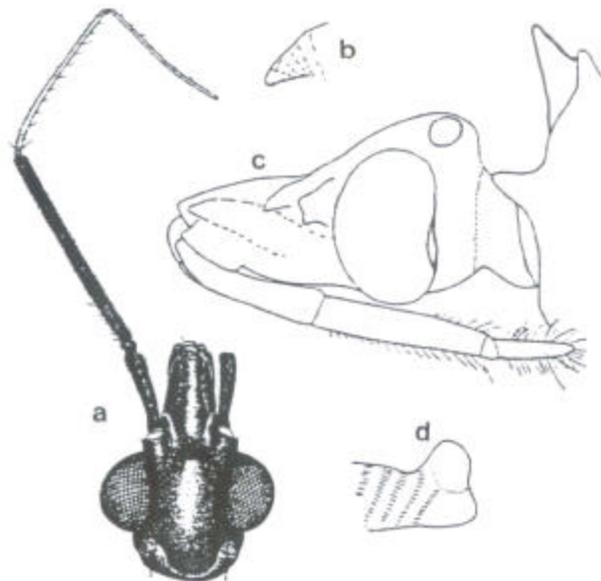


Figura 8. *Panstrongylus megistus*: a- cabeça, vista dorsal; b- projeção apical da gena; c- cabeça, vista lateral; d- vista lateral do processo posterior do escutelo.

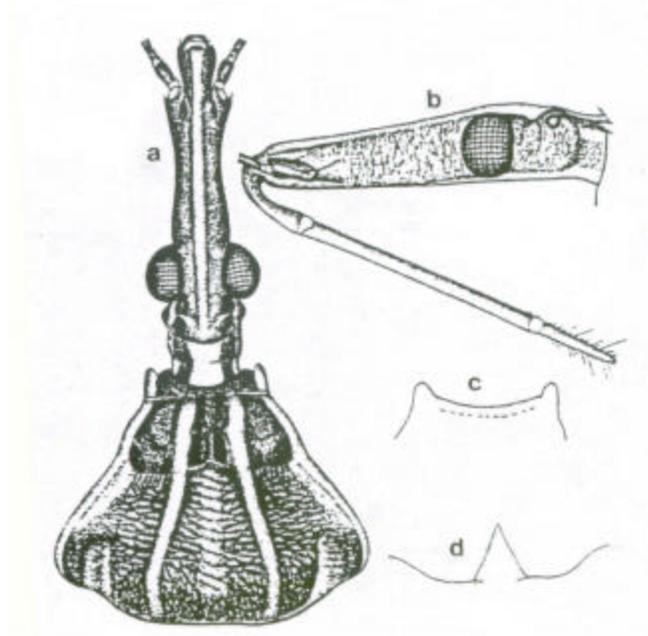


Figura 9. *Rhodnius neglectus*: a- cabeça e pronoto, vista dorsal; b- cabeça, vista lateral; c- colarinho; d- processo mediano do pigóforo.

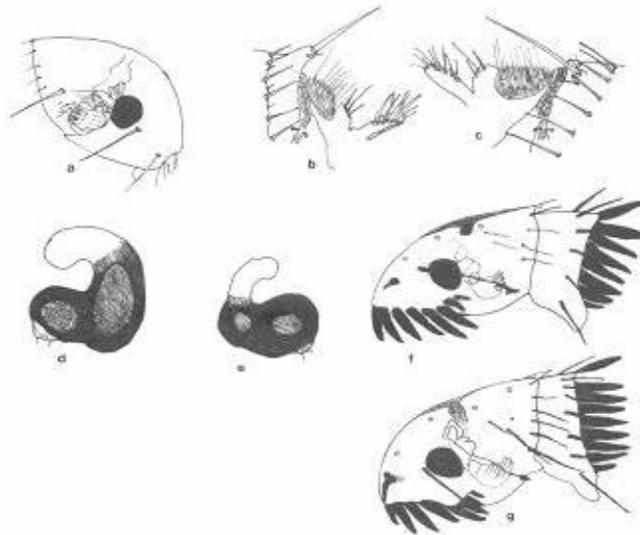


Figura 10. Siphonaptera: a - cabeça de *Pulex irritans* ; b - implantação das cerdas antipigidiais da *Xenopsylla brasiliensis* e, c- *Xenopsylla cheopis*; d- espermateca de *Xenopsylla cheopis*; e- espermateca de *Xenopsylla brasiliensis*; f- cabeça de *Ctenocephalides felis*; g- *Ctenocephalides canis*.

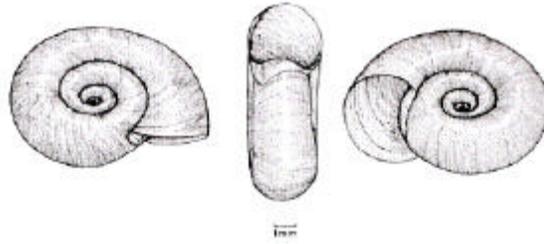


Figura 11. Concha de *Biomphalaria straminea*

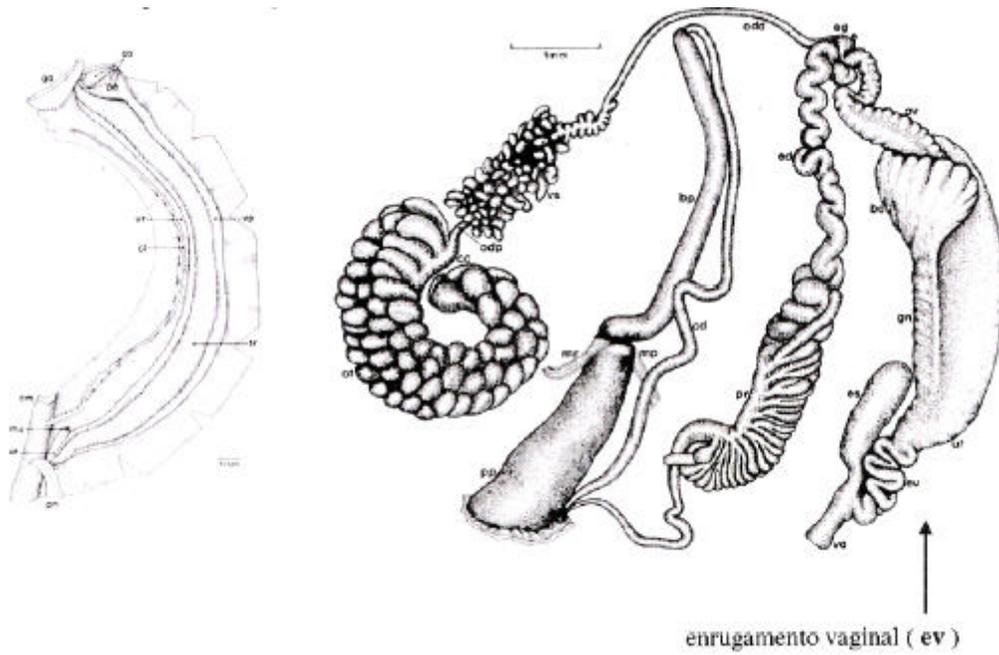


Figura 12. Detalhes anatômicos de *B. straminea*

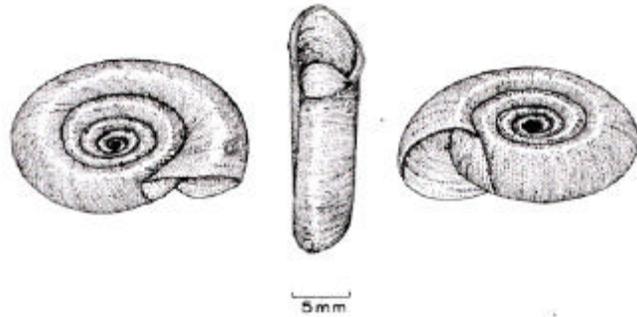


Figura 13. Concha de *Biomphalaria glabrata*

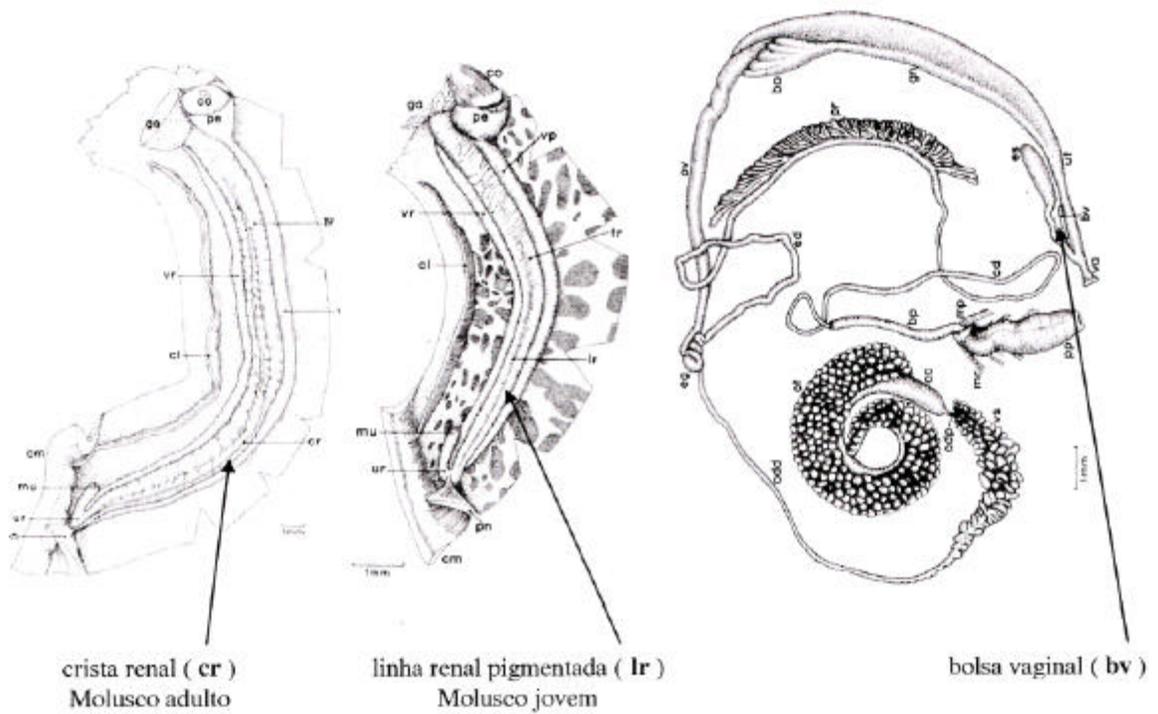


Figura 14. Detalhes anatômicos de *Biomphalaria glabrata*

**INSTRUÇÕES AOS AUTORES:** *Biologia Geral e Experimental* é uma publicação semestral da Universidade Federal de Sergipe, publica manuscritos originais de todas as áreas da biologia geral e experimental. Os manuscritos devem ser enviados em **três vias** datilografados em espaço duplo. A **primeira página** deve conter o título, nome(s) do(s) autor(es), instituição, número de figuras e tabelas, palavras-chave (até 5), título abreviado para cabeça de páginas, nome e endereço do autor para correspondência. A **segunda página** deve conter Resumo e Abstract. As **páginas seguintes** devem conter os itens Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Agradecimentos nesta ordenação quando possível. Notas de rodapé deverão ser evitadas. Nas **citações** devem ser utilizadas letras minúsculas sem destaque. As **Referências** deverão conter sobrenome e iniciais dos autores citados, ano, título, nome completo da revista e em destaque, volume, número, primeira e última páginas. *Exemplo:* Fisher, R.A. & B. Balmukand, 1928. The estimation of linkage from the offspring of selfed heterozygotes. **Journal of Genetics** 20:79-92. Citações de artigos de livros deverão ser mais completas. *Exemplo:* Elliot, W.B. 1978. Chemistry and immunology of reptilian venoms, p.163-436. *In:* **Biology of the Reptilia** (C.Gans & K.A.Gans, Eds.). Academic Press 782p. **Tabelas, Gráficos e Figuras** devem ser apresentadas separadamente, com indicações no texto onde deverão ser inseridos. A **Redação** da revista se encarregará da primeira revisão das provas, a revisão final será responsabilidade dos autores.

**INSTRUCTIONS TO AUTHORS:** *Biologia Geral e Experimental* is a biannual publication of the Universidade Federal de Sergipe, meant to publish original manuscripts in all areas of the experimental and general biology. Manuscripts should be sent in three typewritten double spaced copies. The **first page** should contain the title, name(s) of the author(s), number of figures and tables, key words (up to 5), abbreviated title for running heads, name and address of the author for correspondence. The **second page** should contain the Abstract. The **following pages** should contain the items Introduction, Material and Methods, Results, Discussion and Acknowledgements in that order when possible. Footnotes should be avoided. **Citations** should be in low case. **References** should first contain the last name followed by the initials of the authors, title, complete name of the journal, volume, number, first and last pages. *Example:* Fisher, R.A. & B. Balmukand, 1928. The estimation of linkage from the offspring of selfed heterozygotes. **Journal of Genetics** 20:79-92. Citations of articles in books should be complete. *Example:* Elliot, W.B. 1978. Chemistry and immunology of reptilian venoms, p.163-436. *In:* **Biology of the Reptilia** (C.Gans & K.A.Gans, Eds.). Academic Press 782p. **Tables, Graphs and Figures** should be presented separately, with indications in the text for inclusion. The staff of the journal (Redação) will make the first revision of the drafts; the final revision will be the authors' responsibility.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
AV. MARECHAL RONDON S/N - JARDIM ROSA ELZE  
SÃO CRISTÓVÃO - SE. 49100-000