



RENATA BORNHOLDT

DIMORFISMO SEXUAL E VARIAÇÃO DE TAMANHO E FORMA DO CRÂNIO  
DE *Myotis nigricans* (SCHINZ, 1821) (CHIROPTERA: VESPERTILIONIDAE) DE  
DUAS ÁREAS GEOGRÁFICAS BRASILEIRAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Animal.

Área de Concentração: Biologia Comparada

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Marta Elena Fabián

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Porto Alegre

2006

DIMORFISMO SEXUAL E VARIAÇÃO DE TAMANHO E FORMA DO CRÂNIO  
DE *Myotis nigricans* (SCHINZ, 1821) (CHIROPTERA: VESPERTILIONIDAE) DE  
DUAS ÁREAS GEOGRÁFICAS BRASILEIRAS

RENATA BORNHOLDT

Dissertação aprovada em \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Nelio Roberto Reis

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. César Jaeger Drehmer

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Thales Renato O. de Freitas

\_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Elena Fabián

Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

CNPq pela concessão da bolsa de mestrado.

Minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marta Fabián. Formamos uma dupla que trabalhou junta até o fim.

Todos os componentes do Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS). Por tudo que foi e que segue sendo.

Alguns professores e colegas do Departamento de Zoologia que, mesmo sem saber, me auxiliaram de forma direta ou indireta em algum momento desta dissertação: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Jocélia Grazia, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Helena Romanowski, Prof. Dr. Luiz Roberto Malabarba, Prof. Dr. Gilson R. P. Moreira, Prof. Dr. Milton de Mendonça Jr. e doutorando Augusto Ferrari.

Todos os integrantes do Laboratório de Ictiologia, pelo empréstimo da máquina fotográfica e da lupa, mas, principalmente, pela hospitalidade.

A doutoranda e desenhista Bianca Mastrantonio, responsável pela arte da página 47.

O Prof. Dr. César J. Drehmer, pela geométrica, pela paciência e pela amizade.

O Prof. Hamilton C. Z. Grillo e bióloga Elisangela Marder da UNIVATES, Prof. Sérgio Althoff da FURB e Márcia Jardim da FZB pela admirável gentileza no empréstimo do material científico.

Os meus colegas e amigos de laboratório: bióloga Marília A. Sá de Barros, mestrando Carlos Benhur e doutorando Milton E. Menezes. Companheiros de rodas de discussão movidas a chimarrão.

A secretária do PPG-BAN e companheira Geórgia C. Machado e a segurança do prédio do Departamento de Zoologia Cíntia dos Santos. Pela segurança.

As acadêmicas de biologia Carolina Gualdi, Raquel A. Kriedt e Julie G. Zanin. Catalogaram bibliografia, preparam crânios, organizaram fichas. E tudo com muita seriedade.

A Prf<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana M<sup>a</sup>. Rui. Pelas idéias, pela ajuda e fundamentalmente, pela amizade.

A Dr<sup>a</sup> Larissa Rosa de Oliveira. Por tudo que fez para elaborar o artigo. Pela amizade construída em meio aos assuntos geométricos.

O casal de amigos mestre Daniel de Borba Rocha e doutoranda Julia Giora. Cada um do seu jeito contribuiu para a elaboração do Capítulo Introdutório.

Traumatologista Renato Brito e fisioterapeutas Silviane Vezzani, Carolina Gaffen e Maria Luiza Antunez. Responsáveis pelo auxílio médico e fisioterapêutico para que eu pudesse seguir o mestrado normalmente.

O Mestre e mais novo Professor do Departamento de Zoologia Maurício Tavares e a casa do Mário. Ricas fontes de inspiração.

Neil Young, Portishead, Mercedes Sosa, Vinícius de Moraes e Chico Buarque. Principais trilhas sonoras desses dois anos.

A Cátia Olivier Mello. Por ser quem ela é.

A Moritza, Grau, Schnaps e Klimt. Companheiros fiéis de longas tardes no computador.

Meus tios Hanne Wolgien e Cláudio de Oliveira. Discretos, mas constantes incentivadores.

O Benno (*in memoriam*), Omi, Opa (*in memoriam*) e Oma. Pela vida.

Minha grande família, construída ao longo dos anos e escolhida dedo a dedo:  
mana, Mati, Mila, Gi, Mela, Pati, Aline, Cláudia, Flavinha, Cinha, Jú, Dani, Bixo, Sue,  
Milton, Alda, Carmen, Claudete (*in memoriam*). “Co-autores” da minha pessoa.

Minha “pequena grande” família: pai, mãe, mana. Por tudo.

VIELEN DANK

## SUMÁRIO

Resumo.....	vii
Capítulo Introdutório	
Introdução.....	2
Objetivo.....	15
Considerações gerais sobre os procedimentos da pesquisa.....	16
Síntese dos resultados gerais.....	18
Referências Bibliográficas.....	20
Artigo	
Resumo.....	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	38
Resultados.....	48
Discussão e Conclusões.....	59
Referências Bibliográficas.....	62
Capítulo Conclusivo.....	69
Anexo.....	72

## RESUMO

O gênero *Myotis* possui mais de 80 espécies distribuídas globalmente. Estas espécies são morfologicamente muito semelhantes e raramente refletem especialização. Conseqüentemente, sua identificação é dificultada e conduz à complexidade taxonômica do grupo. O gênero teve incontestável sucesso evolutivo e seus representantes podem ser encontrados em todos os continentes (exceção da Antártica), de habitats semidesérticos a regiões subantárticas.

A espécie *M. nigricans* distribui-se na Região Neotropical, ocorrendo desde o sul do México até o sul do Brasil e norte do Peru, Bolívia e Argentina. Suas características morfológicas, contudo, parecem não estar bem definidas. Informações sobre dimorfismo sexual e variação geográfica pouco foram abordados para *M. nigricans* no Brasil. Destaca-se, ainda, que *M. nigricans* frequentemente é confundida com outra espécie do gênero: *M. riparia*. Essas questões enfatizam ainda mais a problemática taxonômica do grupo.

Com o objetivo de avaliar a existência de dimorfismo sexual e variação geográfica no tamanho e na forma do crânio de *M. nigricans* de duas áreas geográficas brasileiras, foram realizadas análises morfológicas através das técnicas de morfometria tradicional e geométrica.

Examinaram-se 131 espécimes adultos de *Myotis nigricans* provenientes de duas áreas geográficas do Brasil: Ceará e Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). Para a análise da morfometria tradicional foram realizadas dez medidas cranianas e, adicionalmente, foi realizada a medida do antebraço. Para a análise da morfometria geométrica foram definidos 30 marcos anatômicos nas vistas lateral e palatal do crânio de *M. nigricans*. O dimorfismo sexual foi analisado apenas para os

espécimes do Sul do Brasil e a variação geográfica apenas para as fêmeas, devido ao pequeno número de exemplares machos provenientes da região do Ceará, depositado nas instituições consultadas.

As análises da morfometria tradicional e geométrica evidenciaram a presença de dimorfismo sexual unicamente em relação ao tamanho. Em todas as análises, as fêmeas foram maiores que os machos. Não foram verificadas diferenças na forma do crânio entre machos e fêmeas, uma vez que as análises das deformações parciais e relativas não evidenciaram diferenças entre os sexos.

Foi verificada a existência de variação geográfica no tamanho e na forma das estruturas estudadas. Os espécimes do Sul do Brasil foram maiores que os espécimes do Ceará. A análise da morfometria geométrica indicou a formação de dois grupos que correspondem às duas áreas geográficas. Foram geradas grades de deformação que exibem claramente as variações na forma do crânio.

Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o conhecimento da morfologia de *M. nigricans* e podem, ainda, fornecer auxílio em relação à taxonomia das espécies de *Myotis* no Brasil.





## *I Introdução*

### 1. Ordem Chiroptera

Os representantes da ordem Chiroptera destacam-se por possuir característica única dentro da classe Mammalia: a habilidade de voar. O nome que retrata o grupo é a união de duas palavras de origem latina (*chirós* e *pterós*) que significam literalmente “mãos aladas”, referindo-se às alterações sofridas pelos membros anteriores para a inserção das asas. Essa inovação permitiu que os quirópteros ocupassem nichos até então apenas ocupados por aves, insetos e pterossauros extintos. A forma de locomoção, juntamente com a ecolocalização, possibilitou a realização de vôos noturnos e a utilização de grande variedade de recursos alimentares (FREEMAN, 1998). Os morcegos ocorrem nas regiões temperadas e tropicais de ambos os hemisférios, estando ausentes apenas no continente Antártico, nas regiões polares e em ilhas oceânicas remotas (EISENBERG & REDFORD, 1999). Seu sucesso evolutivo é exemplificado por sua radiação trófica, com hábitos alimentares nectarívoros, frugívoros, carnívoros, hematófagos e, na maioria das espécies, insetívoros (FREEMAN, 1998).

A habilidade do voo e a diversidade de hábitos alimentares foram acompanhadas por marcáveis adaptações morfológicas. As exigências para voar e ocupar diferentes ambientes são severas e os morcegos compartilham características morfológicas esqueléticas adaptativas tanto de crânio quanto de pós-crânio (VAUGHAN, 1970). Os ossos que constituem os membros anteriores, como o rádio, a ulna e as falanges são extremamente alongados. Esta adaptação serve como suporte à inserção das membranas interdigitais que formam suas asas. A evolução do crânio e dos dentes de morcegos

provavelmente também foi influenciada pelas exigências do vôo e pela variedade de recursos alimentares explorados (FREEMAN, 1998).

WILSON & REEDER (2005) reconheceram 1116 espécies de morcegos distribuídas em 17 famílias. Com relação à diversidade, Chiroptera constitui a segunda ordem mais diversa de mamíferos, representando aproximadamente 30% das espécies terrestres que ocorrem na América do Sul (LÓPEZ-GONZÁLEZ, 2004). A diversidade, abundância e complexidade biológica dos morcegos torna-os extremamente importantes nas comunidades tropicais, devido aos inúmeros papéis ecológicos que desempenham (MIRETZKI, 2003). Para o Brasil, há o registro confirmado de 139 espécies (MARINHO-FILHO & SAZIMA, 1998).

A ordem Chiroptera é dividida em duas subordens: Megachiroptera e Microchiroptera. Na primeira estão os morcegos do Velho Mundo, representados por uma família e na segunda, estão as demais 16 famílias.

## 2. Subordem Microchiroptera

### 2.1. Família Vespertilionidae Gray, 1821

Representantes da família Vespertilionidae possuem distribuição geográfica mundial e estão ausentes somente no Ártico, na Antártica e em algumas ilhas oceânicas (EISENBERG & REDFORD, 1999). Em relação à América do Sul, é nesta família que estão as espécies com os limites de distribuição geográfica mais austral conhecidos para morcegos: Terra do Fogo, Argentina e Isla Navarino, Chile (BARQUEZ *ET AL.*, 1999). Embora os vespertilionídeos sejam mais diversos nas regiões quentes, eles apresentam pouca limitação geográfica, devido à sua capacidade de adaptação a diferentes

ecossistemas (HOOPER & BUSSCHE, 2003). Esses animais podem ocorrer na maioria dos ambientes terrestres, desde que haja suficiente disponibilidade de insetos, visto que o hábito alimentar dos vespertilionídeos é predominantemente insetívoro. A maioria das espécies da família alimenta-se no ar e utiliza predominantemente a ecolocalização na busca do alimento (BOGDANOWICZ *ET AL.*, 1999). Entre outras, as seguintes características morfológicas são compartilhadas por todos os representantes da família: pequeno a médio porte corporal, ausência da folha nasal e cauda longa, totalmente inclusa no uropatágio.

Tradicionalmente, eram reconhecidas cinco subfamílias de vespertilionídeos: Kerivoulinae, Miniopterinae, Murinae, Tomopeatinae e Vespertilioninae (KOOPMAN, 1993). Contudo, SIMMONS (1998) realizou estudo sobre as relações filogenéticas de microquirópteros através de uma extensa lista de caracteres morfológicos. De acordo com a autora, o gênero *Myotis* (Kaup, 1829) teria sua própria linhagem dentro da família Vespertilionidae e, portanto, formaria a subfamília Myotinae. HOOPER & BUSSCHE (2003), através da análise filogenética de seqüências de DNA mitocondrial, confirmaram os resultados de SIMMONS (1998) em relação à subfamília monotípica para o gênero *Myotis*.

Atualmente, a inclusão de Myotinae é bem aceita e a lista taxonômica mais atual das espécies de mamíferos reconhece, além desta, as seguintes subfamílias de Vespertilionidae: Antrozoinae, Kerivoulinae, Miniopterinae, Murinae e Vespertilioninae (WILSON & REEDER, 2005).

### 3. Subfamília Myotinae

#### 3.1. Gênero *Myotis* (Kaup, 1829)

O gênero *Myotis* possui mais de 80 espécies distribuídas globalmente (KOOPMAN, 1993). Estas espécies são morfologicamente muito semelhantes e raramente refletem especialização, o que dificulta sua identificação (LAVAL, 1973; BOGAN, 1978; REDUKER, 1983; RUEDI *ET AL.*, 1990; BAUD & MENU, 1993; BARQUEZ *ET AL.*, 1999; GANNON *ET AL.*, 2001; LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.*, 2001; RUEDI & MAYER, 2001; STADELMANN *ET AL.*, 2004) e conduz a complexidade taxonômica do grupo.

Com relação às características gerais, são animais de pequeno porte, cauda relativamente longa, coloração escura e fórmula dentária 1/2 1/1 3/3 3/3. O dimorfismo sexual é freqüente, sendo as fêmeas comumente maiores que os machos (LAVAL, 1973). ARLETTAZ *ET AL.* (2002) capturaram na Suíça no ano de 1999 um exemplar de *M. blythii* com anel de identificação do Museu de História Natural de Genebra datando de 1966. O indivíduo tinha, pelo menos, 33 anos de idade. Este é o recorde de longevidade para o continente europeu e segundo recorde de longevidade conhecido para um quiróptero.

O gênero teve incontestável sucesso evolutivo e seus representantes podem ser encontrados em todos os continentes (exceção da Antártica), de habitats semidesérticos a regiões subantárticas (RUEDI & MAYER, 2001). Com relação aos hábitos alimentares, a maioria das espécies é insetívora, embora tenha sido registrado que algumas espécies alimentam-se de peixes (RICE, 1998). As espécies do gênero podem coexistir e dividir espaço e recursos alimentares sem aparente exclusão competitiva (RUEDI & MAYER, 2001; STADELMANN *ET AL.*, 2004), pois a similaridade morfológica não necessariamente reflete similaridade ecológica (SAUNDERS & BARCLAY, 1992).

Para a região Neotropical há o registro de 14 espécies (LAVAL, 1973), sendo que seis ocorrem no Brasil: *M. albescens* (E. Geoffroy, 1806), *M. levis* (I. Geoffroy, 1824), *M. nigricans* (Schinz, 1821), *M. riparia* Handley, 1960, *M. rubra* (E. Geoffroy, 1806) e *M. sima* Thomas, 1901 (Koopman, 1993). SILVA (1985) listou para o Rio Grande do Sul quatro espécies (*M. albescens*, *M. levis*, *M. nigricans* e *M. rubra*). GONZÁLEZ & FABIÁN (1995) registraram, pela primeira vez, a ocorrência de *M. riparia*, elevando a cinco o número de espécies com registro confirmado para o referido Estado.

### 3.1.1. Histórico sobre o gênero *Myotis* e sua complexidade

FINDLEY (1972) realizou um extenso estudo sobre as espécies de *Myotis*, abrangendo quase todas as regiões geográficas de sua ocorrência. Através da análise de morfologia externa e craniana, identificou a existência de três ecótipos, concluindo que correspondem aos três subgêneros de *Myotis* (*Myotis*, *Leuconöe* e *Selysius*). Atualmente, é aceita a existência de um quarto subgênero (*Cistugo*) representado por duas espécies africanas (KOOPMAN, 1993).

LAVAL (1973) publicou um dos trabalhos mais extensos sobre o gênero englobando em seu estudo as espécies neotropicais. O autor expressou sua dificuldade em identificá-las em função de serem muito semelhantes tanto na morfologia externa, quanto na morfologia craniana. Como caráter taxonômico, descreveu as características do báculo de cada uma das 14 espécies por ele examinadas. De acordo com o autor, ante a dificuldade de identificação, muitos exemplares são erroneamente nomeados como *M. nigricans* e essa prática tem contribuído para a complexidade do grupo.

BAUD & MENU (1993) realizaram revisão das espécies que ocorrem no Paraguai utilizando características de crânio e dentes. Os autores separaram as espécies através de

índices cranianos (mandibular e maxilar), concluindo que a coloração não é útil como caráter taxonômico.

Alguns anos mais tarde, LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.* (2001) analisaram as seis espécies do gênero para o Paraguai, utilizando uma extensa lista de caracteres cranianos e de morfologia externa. Os autores comentaram a dificuldade em diferenciar as espécies e concluíram que algumas medidas cranianas (largura da caixa craniana, por exemplo) e alguns caracteres merísticos (local de inserção do plagiopatágio, por exemplo) se mostraram suficientes para uma identificação satisfatória das espécies paraguaias.

Com o objetivo de testar a monofilia dos três ecótipos de *Myotis* propostos por FINDLEY (1972), RUEDI & MAYER (2001) realizaram um minucioso estudo genético utilizando seqüências de DNA. Estes autores testaram duas hipóteses. A primeira aceitaria a monofilia dos subgêneros *Myotis*, *Leuconoe* e *Selysius*, onde a especiação seria anterior à dispersão das espécies através dos continentes. A segunda hipótese proporia a convergência adaptativa posterior à dispersão e, portanto, a similaridade morfológica das espécies de *Myotis* não refletiria relações filogenéticas. A hipótese corroborada pelos autores foi a segunda. Os diferentes ecótipos evoluíram múltiplas vezes e de forma independente após a radiação do gênero. Esse tipo de evento explicaria o fato de uma espécie da América, por exemplo, poder ser morfológicamente quase idêntica a uma outra espécie européia sem que haja relação filogenética próxima entre elas.

#### 4. *Myotis nigricans* (Schinz, 1821)

Coletado no Estado do Espírito Santo, Brasil, o tipo de *M. nigricans* foi considerado perdido em 1973 por LaVal. Nesta ocasião, o autor designou um neótipo (acrônimo LACM 36877), fêmea grávida, pele e crânio coletado no Estado do Rio de Janeiro, Brasil e depositado no Museu de História Natural de Los Angeles, Los Angeles, Estados Unidos (LAVAL, 1973).

A espécie *M. nigricans* distribui-se na Região Neotropical, ocorrendo desde o sul do México até o sul do Brasil e norte do Peru, Bolívia e Argentina (KOOPMAN, 1982; EISENBERG & REDFORD, 1999). Para o Brasil, KOOPMAN (1982) descreveu distribuição contínua da espécie desde a região amazônica até aproximadamente o Estado de Santa Catarina. Contudo, IHERING (1895) já havia registrado a espécie para o Rio Grande do Sul e CABRERA (1957) confirmou este Estado como o limite austral de distribuição da espécie no Brasil. GONZÁLEZ (2000) afirmou que *M. nigricans* é comum no Rio Grande do Sul, inclusive nas áreas urbanas da cidade de Porto Alegre.

Como características morfológicas gerais, a coloração do pêlo oscila entre castanho escuro a negro, podendo a extremidade distal ser mais clara que a base, chegando muitas vezes a ser branca. O crânio possui formato geral estreito e a crista sagital pode estar presente, embora nunca seja bem desenvolvida.

A espécie possui hábito gregário e habita espaços entre cascas de árvores, folhagens e forros de prédios e casas, sendo os locais de modificação antrópica os mais freqüentados (CARVALHO, 1973). As cavernas também são utilizadas como habitat e registros dessa natureza estão sendo cada vez mais comuns no Brasil (BREDT *ET AL.*, 1999). Embora seja bem adaptada à busca de alimentos em locais espaçosos e não muito perto a obstáculos, *M. nigricans* mostra-se flexível e capaz de buscar alimentos em



ambientes mais fechados, como uma mata densa (SIEMERS *ET AL.*, 2001). Frequentemente, exemplares da espécie são encontrados dividindo o ambiente e o abrigo com exemplares de outras espécies, sem aparente competição exclusiva (CARVALHO, 1973). A reprodução desses animais ocorre principalmente em períodos quentes, mas que antecedem as estações de chuva, pois são nesses períodos que a disponibilidade de alimento aumenta (WILSON & FINDLEY, 1970). As fêmeas dão à luz a apenas um filhote após um período curto de gestação, entre 50 e 60 dias (WILSON & FINDLEY, 1970).

As características morfológicas da espécie parecem não estar bem definidas (LAVAl, 1973; BOGAN, 1978; LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.*, 2001), pois poucos são os estudos que dedicaram-se à morfologia de *M. nigricans*. Destaca-se, ainda, a dificuldade de identificação da maioria das espécies do gênero e que não é exceção para *M. nigricans*. Frequentemente, há sobreposição de caracteres morfológicos entre as espécies e, para a América do Sul, *M. nigricans* comumente é confundida com outra espécie do gênero: *M. riparia*. O segundo dente pré-molar deslocado lingualmente e parcialmente coberto pelos primeiro e terceiro dentes pré-molares e a presença da crista sagital não muito desenvolvida são exemplos de características importantes compartilhadas por ambas as espécies (LAVAl, 1973; MYERS & WETZEL, 1983; LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.*, 2001). Essa questão enfatiza ainda mais a problemática taxonômica do grupo.

## 5. Considerações gerais sobre dimorfismo sexual

O dimorfismo sexual define-se como diferenças morfológicas e comportamentais entre machos e fêmeas sexualmente maduros (FUTUYMA, 2002). A explicação frequentemente citada para a existência de dimorfismo sexual é a seleção sexual (DARWIN, 1871). Segundo essa teoria, a seleção atuaria sobre a escolha das fêmeas pelo macho para o acasalamento ou a disputa macho/macho pela atenção da fêmea. Esta hipótese tem sido bem suportada na literatura, uma vez que a presença de dimorfismo sexual nas espécies é altamente correlacionada com a intensidade da competição entre machos para o acesso às fêmeas (CLUTTON-BROCK *ET AL.*, 1977). No entanto, um cenário alternativo para o dimorfismo sexual é a seleção natural (SLATKIN, 1984; SHINE, 1989). Para essa teoria, o dimorfismo sexual estaria presente a fim de reduzir a competição entre os sexos (competição intra-específica), visto que a seleção natural favorece a separação dos nichos e a diminuição da competição com o sexo oposto coespecífico (DAYAN *ET AL.*, 1989; DAYAN & SIMBERLOFF, 1994).

Esses cenários não têm como condição serem mutuamente exclusivos e podem atuar, inclusive, sucessivamente. Por exemplo, um evento dimórfico pode ter sido produzido inicialmente pela seleção sexual. Porém, um efeito secundário desse dimorfismo pode ser a divisão de recursos naturais entre os sexos (VINCENT *ET AL.*, 2004), o que garante a continuidade do dimorfismo. Embora seja difícil de recapitular suas causas evolutivas, eventos dimórficos associados com o uso de recursos naturais podem ser uma luz para as causas evolutivas deste fenômeno (SLATKIN, 1984; SHINE, 1989).

A presença de diferenças intrínsecas nos papéis reprodutivos entre machos e fêmeas é outra explicação possível para o dimorfismo sexual (HEDRICK & TEMELES,

1989; FAIRBAIRN, 1997). De acordo com essa idéia, as diferentes atuações de machos e fêmeas na reprodução, bem como no cuidado parental refletiriam na diferenciação morfológica (FAIRBAIRN, 1997).

O estudo do dimorfismo sexual em quirópteros é bem reportado na literatura. A variedade de resultados obtidos é considerável. Alguns exemplos mostram a ausência de dimorfismo sexual com relação à morfologia (TIDEMANN, 1986; RUI *ET AL.*, 1999; JIANG *ET AL.*, 2003) e outros a presença (NICOLL & SUTTIE, 1982; OWEN & WEBSTER, 1983; OWEN *ET AL.*, 1984; THOMAS & MARSHALL, 1984; WILLIG, 1985; MCNAB & ARMSTRONG, 2001). A frequência e intensidade nos ultra-sons emitidos pelos morcegos também é alvo de análise de dimorfismo sexual (RUSSO *ET AL.*, 2001), bem como a histologia de glândulas (HOOD & SMITH, 1984) e a história de vida (GERREL & LUNDBERG, 1990; SCHULZ, 1999).

Com relação à América do Sul, MYERS & WETZEL (1983) não encontraram diferenças morfológicas significativas entre machos e fêmeas de *M. nigricans* que ocorrem na Argentina, Bolívia e Paraguai. LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.* (2001) confirmaram a ausência de dimorfismo sexual na morfologia externa e craniana para a espécie no Paraguai.

## 6. Considerações gerais sobre variação geográfica

O estudo da variação geográfica iniciou com as teorias da Darwin e Wallace e até hoje tem sido uma das mais importantes abordagens no estudo da evolução. As hipóteses evolutivas podem ser testadas em sua maioria apenas pelas análises dos indivíduos atuais, pois a maioria dos eventos evolutivos históricos é inacessível a análises diretas (FUTUYMA, 2002). Considerando que as diferenças entre populações

variam desde pequenos eventos até grandes mudanças, a evolução é um processo gradual e o caminho evolutivo é inferido pelos diferentes níveis de diferenciação entre espécies ou entre populações (MAYR, 1942).

Entre outros enfoques, podem ser citados alguns exemplos de trabalhos sobre variação geográfica com morcegos no que diz respeito à morfologia (TUMLISON, 1993; WILLIG *ET AL.*, 2000) e à ecolocalização (O'FARREL *ET AL.*, 2000; MURRAY *ET AL.*, 2001; DAVIDSON & WILKINSON, 2002; LAW *ET AL.*, 2002). BENDA & HORÁCEK (1995) encontraram padrões de variação geográfica em três espécies de *Myotis* (*M. myotis*, *M. blythi* e *M. nattereri*) que ocorrem na Europa, utilizando 26 medidas cranianas. Os autores discutiram que os padrões de variação geográfica promovem informações complexas sobre taxonomia, dinâmica de adaptação e história de distribuição das espécies. Contudo, acrescentaram que são poucos os estudos detalhados com quirópteros sob esse aspecto.

LAVAL (1973) foi pioneiro nos estudos de variação morfológica para *M. nigricans*, onde sugeriu haver diferenças entre exemplares de diferentes regiões geográficas da América do Sul. MYERS & WETZEL (1983) analisaram algumas medidas lineares de *M. nigricans* provenientes da Argentina, Bolívia e Paraguai e reafirmaram a existência de variação geográfica na espécie nesses países. LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.* (2001), contudo, afirmaram não haver diferenças entre espécimes de *M. nigricans* de diferentes regiões do Paraguai.

Os estudos sobre variação geográfica para a morfologia de *M. nigricans* na América do Sul parecem ser contraditórios. Em suma, são insuficientes para se ter um cenário real, devido à falta de informações sobre variação geográfica nas outras áreas de ocorrência da espécie.

## 7. Morfometria geométrica

A fim de buscar uma metodologia comparativa com sensibilidade equivalente ou superior à morfometria tradicional, utilizou-se também a técnica da morfometria geométrica, em função desta ter se mostrado objetiva e eficiente quando comparada aos métodos tradicionais (ZELDITCH *ET AL.*, 1995; ROHLF *ET AL.*, 1996; ROHLF, 1998). A morfometria geométrica é uma técnica relativamente nova que descreve a geometria de uma entidade biológica, trazendo resultados em relação ao seu **tamanho e forma**.

SIEGEL & BENSON (1982) discutiram sobre o valor de se estudar a forma e apresentaram uma série de modelos matemáticos que permitem sua análise. Concluíram que há conexão biológica na comparação da forma dos esqueletos de animais e que essa conexão existe pela forte relação entre geometria e função. Alguns anos mais tarde, a partir de 1988, sucedeu-se uma série de simpósios e “workshops” sobre a emergente técnica da morfometria geométrica. Juntos, esses trabalhos estabeleceram a base para esta nova técnica (CORTI *ET AL.*, 2000). A popularização dos métodos da geométrica e a tradução dos modelos matemáticos, contudo, teve participação decisiva de F. J. Rohlf, que também foi responsável pela criação da maioria dos programas da morfometria geométrica (MONTEIRO & REIS, 1999).

A forma é analisada através de coordenadas cartesianas bi ou tridimensionais de marcos anatômicos homólogos definidos nas imagens digitais das estruturas biológicas analisadas. A informação obtida sobre a forma do organismo como um todo é uma das vantagens dessa metodologia, capaz de capturar todas as variações possíveis dos marcos anatômicos. Adicionalmente, a morfometria geométrica permite clara visualização das possíveis variações de forma das estruturas biológicas. Isso é possível pela capacidade

de serem geradas grades de deformação que reconstróem graficamente as regiões de mudança (ROHLF & MARCUS, 1993), localizando-as e descrevendo-as.

Outra grande contribuição da técnica é a clara definição matemática de **tamanho** e **forma**. Uma vez definidos esses dois componentes, é possível analisá-los separadamente (MONTEIRO *ET AL.*, 2002), já que os efeitos de translação, rotação e proporcionalidade são removidos (ROHLF & MARCUS, 1993).

As informações sobre o tamanho do crânio em morfometria geométrica são relativas ao tamanho do centróide (centro gravitacional da imagem). O tamanho do centróide é um valor obtido através de equação matemática das coordenadas dos marcos anatômicos de cada vista analisada.

BOGDANOWICZ & OWEN (1996) publicaram o primeiro trabalho utilizando morfometria geométrica com crânios de morcegos. Os autores objetivaram analisar as variações morfológicas de dez espécies de morcegos da tribo Plecotini (família Vespertilionidae), bem como as relações filogenéticas entre tais espécies.

Recentemente, BOGDANOWICZ *ET AL.* (2005) discutiram as relações filogenéticas de mega e microquirópteros com base nos resultados obtidos da análise de morfometria geométrica. Para tanto, realizaram análise tridimensional de 20 e 19 marcos anatômicos definidos na vistas palatal e dorsal dos crânios, respectivamente.

## *II Objetivo*

O presente estudo tem como objetivo avaliar a existência de dimorfismo sexual e variação geográfica no tamanho e na forma do crânio de *M. nigricans*, através das técnicas de morfometria tradicional e geométrica, como subsídio para melhor caracterizar a espécie em duas áreas geográficas brasileiras.

### *III Considerações gerais sobre os procedimentos da pesquisa*

Uma vez que a grande maioria dos exemplares de *Myotis* depositados nas coleções científicas consultadas pelo presente estudo estavam inteiros, houve a necessidade de se realizar a extração e preparação dos crânios. Um total de 117 crânios foi preparado segundo o método de PACHECO (1994). Posteriormente, com o propósito de revisar as espécies dos exemplares, foram feitas identificações utilizando as seguintes chaves dicotômicas: VIZOTTO & TADDEI (1973) e LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.* (2001).

Para as análises subseqüentes, foram analisados 131 exemplares adultos de *M. nigricans* provenientes de duas áreas geográficas brasileiras: Ceará (Estado do Ceará) e Sul do Brasil (Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul). KOOPMAN (1982) reconheceu sete áreas zoogeográficas para os morcegos da América do Sul: sub-região patagã, leste e costa do Brasil, bacia amazônica, nordeste dos Andes, costa norte da América do Sul e ilhas, costa pacífica do Peru e norte do Chile e costa pacífica da Colômbia, Equador e do extremo nordeste do Peru. As duas áreas geográficas definidas para o presente estudo pertencem predominantemente à área zoogeográfica leste e costa do Brasil de KOOPMAN (1982). No entanto, alguns exemplares provêm do extremo sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul e esta região corresponderia à sub-região patagã. Com o propósito de analisar variações morfológicas de morcegos da espécie *M. nigricans* das duas áreas no Brasil, não foram utilizadas as divisões e as nomenclaturas das áreas zoogeográficas de KOOPMAN (1982).

Com relação à morfometria tradicional, foram realizadas 14 medidas cranianas de acordo com VIZOTTO & TADDEI (1973) e BARQUEZ *ET AL.* (1999). Posteriormente, foram realizadas análises de correlação entre todas as medidas cranianas e calculados os índices de correlação ( $r^2$ ) de cada par de medida. Com o propósito de evitar que fossem



inseridos erros às análises uni e multivariadas, foram retiradas as medidas cranianas altamente correlacionadas. De um total de 14 medidas tomadas, portanto, foram utilizadas nas análises subseqüentes dez medidas.

Para a análise da morfometria geométrica, foram realizadas 773 imagens digitais das vistas lateral, palatal e dorsal dos crânios de *M. nigricans* amostrados. No entanto, foram excluídas do estudo as imagens da vista dorsal, uma vez que a dificuldade em se definir marcos anatômicos nesta vista não permitiu que se obtivesse uma configuração satisfatória da mesma. Um total de 239 imagens foi utilizado, compreendendo aquelas cujos crânios estavam inteiros e as imagens com qualidade.

#### *IV Síntese dos resultados gerais*

##### *Dimorfismo sexual*

As análises da morfometria tradicional e geométrica evidenciaram a presença de dimorfismo sexual unicamente em relação ao tamanho. A análise multivariada das dez medidas cranianas não detectou o dimorfismo sexual, pois não houve a formação de grupos *a priori* separando os sexos. Essa análise não foi sensível suficiente para detectar as diferenças morfológicas entre machos e fêmeas. A análise do teste *t* indicou que o comprimento do antebraço e cinco medidas cranianas (comprimento total do crânio, comprimento do palato, largura externa dos caninos, largura zigomática e altura da caixa craniana) foram estatisticamente diferentes em machos e fêmeas ( $P < 0,05$ ). Em todas as medidas lineares as fêmeas foram maiores que os machos. Não foram verificadas diferenças na forma do crânio entre machos e fêmeas. A análise multivariada das deformações relativas (*Relative Warps*, RW) da morfometria geométrica não evidenciou formação de grupos *a priori* entre os sexos. No entanto, o tamanho do centróide foi estatisticamente diferente entre machos e fêmeas, onde as fêmeas foram novamente maiores que os machos ( $P < 0,05$ ).

##### *Variação geográfica*

Foi verificada a existência de variação geográfica no tamanho e na forma das estruturas analisadas. O tamanho do antebraço e cinco medidas cranianas (largura do palato, largura pós-orbitária, largura da caixa craniana, largura do mastóide e altura da caixa craniana) foram estatisticamente diferentes entre os espécimes das diferentes áreas geográficas estudadas ( $P < 0,05$ ). Foram detectados grupos *a priori* na análise de componentes principais das dez medidas cranianas e que correspondem às duas regiões

estudadas. Os grupos foram testados e confirmados pela análise de variáveis canônicas. Com relação à morfometria geométrica, foram verificadas diferenças significativas no tamanho do centróide da vista lateral ( $P < 0,05$ ) e detectados grupos correspondentes às áreas geográficas na análise das deformações relativas (RW). Os grupos foram testados e confirmados com a análise de variáveis canônicas e evidenciaram as diferenças na forma dos crânios dos espécimes estudados. Grades de deformação foram geradas e possibilitam clara visualização das modificações dos crânios, principalmente para a vista lateral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(de acordo com as regras do periódico Iheringia, Série Zoologia)

ARLETTAZ, R.; CHRISTE, P. & DESFAYES, M. 2002. 33 years, a new longevity record for a European bat. **Mammalia**, **66**(3): 441-442.

BARQUEZ, R. M.; MARES, M. A. & BRAUN, J. K. 1999. **The bats of Argentina**. Lubbock, Museum of Texas Tech University. 275p.

BAUD, F. J. & MENU, H. 1993. Paraguayan bats of the genus *Myotis*, with a redefinition of *M. simus* (Thomas, 1901). **Revue Suisse de Zoologie**, **100**(3): 595-607.

BENDA, P. & HORÁČEK, I. 1995. Geographic variation in three species of *Myotis* (Mammalia: Chiroptera) in south of the Western Palearctics. **Acta Societatis Zoologicae Bohemicae**, **59**: 17-39.

BOGAN, M. A. 1978. A new species of *Myotis* from the Islas Tres Marias, Nayarit, Mexico, with comments on variation in *Myotis nigricans*. **Journal of Mammalogy**, **59**(3): 519-530.

BOGDANOWICZ, W.; FENTON, M. B. & DALESZCZYK, K. 1999. The relationship between echolocation calls, morphology and diet in insectivorous bats. **Journal of Zoology**, **247**: 381-393.

BOGDANOWICZ, W.; JUSTE, J.; OWEN, R. D. & SZTENCEL, A. 2005. Geometric morphometric and cladistics: testing evolutionary relationships in mega- and microbats. **Acta Chiropterologica**, **7**(1): 39-49.

BOGDANOWICZ, W. & OWEN, R. D. 1996. Landmark-based size and shape analysis in systematics of the Plecotine bats. *In*: MARCUS, L. F.; CORTI, M.; LOY, A.; NAYLOR, G. J. P. & SLICE, D. eds. **Advances in Morphometrics**. New York, Plenum Press. p.489-501.

BREDT, A.; UIEDA, W. & MAGALHÃES, E. D. 1999. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista brasileira de Zoologia**, **16**(3): 731-770.

CABRERA, A. 1957. Catalogo de los Mamíferos de América del Sur. **Revista del Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia**, **4**(1): 1-307.

CARVALHO, C. T. 1973. Revisão nos vespertilionídeos brasileiros. **Silvicultura em São Paulo**, **8**: 115-125.

CLUTTON-BROCK, T. H.; HARVEY, P. H. & RUDDER, B. 1977. Sexual dimorphism, sociometric sex ratio and body weight in primates. **Nature**, **269**:797-800.

CORTI, M.; MARCUS, L. F. & HINGST-ZAHER, E. 2000. Introduction to the symposium: geometric morphometric in mammalogy. **Hystrix**, **10**(2): 3-7.

DARWIN, C. 1871. **The descent of man and selection in relation to sex.**  
Londres, Murray Press. 475p.

DAVIDSON, S. M. & WILKINSON, G. S. 2002. Geographic and individual variation in vocalizations by males *Saccopteryx bilineata* (Chiroptera: Emballonuridae). **Journal of Mammalogy**, **83**(2): 526-535.

DAYAN, T. & SIMBERLOFF, D. 1994. Character displacement, sexual dimorphism, and morphological variation among British and Irish mustelids. **Ecology**, **75**(4): 1063-1073.

DAYAN, T.; SIMBERLOFF, D.; TCHERNOV, E. & YOM-TOV, Y. 1989. Inter and intraspecific character displacement in mustelids. **Ecology**, **70**(5): 1526-1539.

EISENBERG, J. F. & REDFORD, K. H. 1999. **Mammals of the neotropics – the central neotropics.** Chicago, The University of Chicago Press. vol.3. 609p.

FAIRBAIRN, D. J. 1997. Allometry for sexual dimorphism: pattern and process in the coevolution of body size in males and females. **Annual Reviews in Ecology and Sistematics**, **28**: 659-687.

FINDLEY, J. S. 1972. Phenetic relationships among bats of the genus *Myotis*. **Systematic Zoology**, **21**: 31-52.

FREEMAN, P. W. 1998. Form, function, and evolution in skulls and teeth of bats. *In*: KUNZ, T. H. & RACEY, P. A. eds. **Bats, biology and conservation**. Washington, D.C., Smithsonian Institution. p.140-156.

FUTUYMA, D. J. 2002. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto, Funpec-RP. 631p.

GANNON, W. L.; SHERWIN, R. E.; DE CARVALHO, T. N. & O'FARREL, M. J. 2001. Pinnae and echolocation call differences between *Myotis californicus* and *M. ciliolabrum* (Chiroptera: Vespertilionidae). **Acta Chiropterologica**, **3**(1): 77-91.

GERREL, R. & LUNDBERG, K. 1990. Sexual differences in survival rates of adult pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in South Sweden. **Oecologia**, **83**: 401-404.

GONZÁLEZ, J. C. 2000. Morcegos da área urbana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia**, **1**(5): 53- 82.

GONZÁLEZ, J. C. & FABIÁN, M. E. 1995. Una nueva especie de murciélago para el estado de Rio Grande do Sul, Brasil: *Myotis riparius* Handley, 1960 (Chiroptera, Vespertilionidae). **Comunicação do Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia**, **8**: 55-59.

HEDRICK, A. V. & TEMELES, E. J. 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. **Trends in Ecology and Evolution**, **4**: 136-138.

HOOD, C. S. & SMITH, J. D. 1984. Histology of a sexually dimorphic integumentary gland in *Macroglossus lagochilus* (Chiroptera: Pteropodidae). **Journal of Mammalogy**, **65**(1): 1-9.

HOOVER, S. R. & BUSSCHE, R. A. V. D. 2003. Molecular phylogenetics of the chiropteran family Vespertilionidae. **Acta Chiropterologica**, **5**: 1-63.

IHERING, H. V. 1895. Os mamíferos do Rio Grande do Sul. **Anuário do Rio Grande do Sul**, 41-77.

JIANG, F.; C. MIN; YIG, L.; ZHEN-XIN, L.; XI-CHEN, Z.; JIANG, Z. & SHU-YI, Z. 2003. Sexual differences in morphology and echolocation calls in five Chinese bat species. **Acta Zoologica Sinica**, **49**(6): 742-747.

KOOPMAN, K. F. 1982. Biogeography of the bats of South America. *In*: MARES, M. A. & GENOWAYS, H. H. eds. **Mammalian biology in South America**. Linesville, Pymatuning Special Publications. p. 273-302.

KOOPMAN, K. F. 1993. Order Chiroptera. *In*: WILSON, D. F. & REEDER, D. M. eds. **Mammal species of the world, a taxonomic and geographic reference**. Washington, D.C., Smithsonian Institution. p.137-241.

LAVAL, R. K. 1973. A revision of the neotropical bats of the genus *Myotis*. **Bulletin of the Natural History of Los Angeles**, **15**: 1-54.



LAW, B. S.; REINHOLDT, L. & PENNAY, M. 2002. Geographic variation in the echolocation calls of *Vespadelus* spp. (Vespertilionidae) from New South Wales and Queensland, Australia. **Acta Chiropterologica**, **4**(2): 201-215.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. 2004. Ecological zoogeography of the bats of Paraguay. **Journal of Biogeography**, **31**: 33-45.

LÓPEZ-GONZÁLEZ, C.; PRESLEY, S. J.; OWEN, R. D. & WILLIG, M. R. 2001. Taxonomic status of *Myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Paraguay. **Journal of Mammalogy**, **82**(1): 138-160.

MARINHO-FILHO, J. & SAZIMA, I. 1998. Brazilian bats and conservation biology: a first survey. *In*: KUNZ, T. H. & RACEY, P. A. eds. **Bats, biology and conservation**. Washington, D.C., Smithsonian Institution. p.282-294.

MAYR, E. 1942. **Systematics and the origin of species**. New York, Columbia University Press.

MCNAB, B. & ARMSTRONG, M. I. 2001. Sexual dimorphism and scaling of energetics in flying foxes of the genus *Pteropus*. **Journal of Mammalogy**, **82**(3): 709-720.

MIRETZKI, M. 2003. Morcegos do estado do Paraná, Brasil (Mammalia, Chiroptera): riqueza de espécies, distribuição e síntese do conhecimento atual. **Papéis Avulsos de Zoologia**, **43**(6): 101-138.

MONTEIRO, L. R.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; REIS, S. F. & ARAÚJO, E. D. 2002. Geometric estimates of heritability in biological shape. **Evolution**, **56**(3): 563-572.

MONTEIRO, L. R. & REIS, S. F. 1999. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto, Holos Editora. p.189.

MURRAY, K. L.; BRITZKE, E. R. & ROBBINS, L. W. 2001. Variation in search-phase calls of bats. **Journal of Mammalogy**, **82**(3): 728-737.

MYERS, P. & WETZEL, R. M. 1983. Systematic and zoogeography of the bats of the Chaco Boreal. **Miscellaneous Publications**, 1-59.

NICOLL, M. E. & SUTTIE, J. M. 1982. The Sheath-tailed bat, *Coleura seychellensis* (Chiroptera, Emballonuridae) in the Seychelles Island. **Journal of Zoology**, **197**: 421-426.

O'FARREL, M. J.; CORBEN, C. & GANNON, W. L. 2000. Geographic variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*). **Acta Chiropterologica**, **2**(2): 185-196.

OWEN, J. G.; SCHMIDLY, D. J. & DAVIS, W. B. 1984. A morphometric analysis of three species of *Corollia* (Chiroptera, Glossophaginae) from Middle America. **Mammalia**, **48**(1): 85-93.

OWEN, R. D. & WEBSTER, W. D. 1983. Morphological variation in the Ipanema bat, *Pygoderma bilabiatum*, with description of a new subspecies. **Journal of Mammalogy**, **64**(1): 146-149.

PACHECO, S. M. 1994. Análise do crescimento e estimativa da idade em *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy, 1824) (Chiroptera, Molossidae) em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Dissertação de Mestrado – Instituto de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 211p.

REDUKER, D. W. 1983. Functional analysis of the masticatory apparatus in two species of *Myotis*. **Journal of Mammalogy**, **64**(2): 277-286.

RICE, D. W. 1998. **Marine Mammals of the world: systematics and distribution**. Lawrence, Special Publications Society for Marine Mammalogy, Allen Press. p.231.

ROHLF, F. J. 1998. On applications of geometrics to studies of ontogeny and phylogeny. **Systematic Biology**, **47**(1): 147-158.

ROHLF, F. J.; LOY, A. & CORTI, M. 1996. Morphometric analysis of old world Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial-warps scores. **Systematic Biology**, **45**(3): 344-362.

ROHLF, F. J. & MARCUS, L. F. 1993. A revolution in morphometrics. **Trends in Ecology and Evolution**, **8**(4): 129-132.

RUEDI, M.; ARLETTAZ, R. & MADDALENA, T. 1990. Distinction morphologique et biochimique de deux espèces jumelles de chauvez-souris: *Myotis myotis* (Bork.) et *Myotis blythi* (Tomes) (Mammalia: Vespertilionidae). **Mammalia**, **54**(3): 415-429.

RUEDI, M. & MAYER, F. 2001. Molecular systematics of bats of the genus *Myotis* (Vespertilionidae) suggests deterministic ecomorphological convergences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, **21**(3): 436-448.

RUI, A. M.; FABIÁN, M. E. & MENEGHETI, J. O. 1999. Distribuição geográfica e análise morfológica de *Artibeus lituratus* Olfers e de *Artibeus fimbriatus* Gray (Chiroptera, Phyllostomidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, **16**(2): 441-446.

RUSSO, D.; JONES, G. & MUCEDDA, M. 2001. Influence of age, sex and body size on echolocation calls of Mediterranean and Mehely's horseshoe bats, *Rhinolophus euryale* and *R. mehelyi* (Chiroptera: Rhinolophidae). **Mammalia**, **65**(4): 429-436.

SAUNDERS, M. B. & BARCLAY, R. M. R. 1992. Ecomorphology of insectivorous bats: a test of predictions using two morphologically similar species. **Ecology**, **73**(4): 1335-1345.

SCHULZ, M. 1999. Relative abundance and other aspects of the natural history of the rare golden-tipped bat, *Kerivoula papuensis* (Chiroptera: Vespertilionidae). **Acta Chiropterologica**, **1**(2): 165-178.

SHINE, R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. **The Quarterly review of Biology**, **64**(4): 419-461.

SIEGEL, A. F. & BENSON, R. H. 1982. A robust comparison of biological shapes. **Biometrics**, **38**: 341-350.

SIEMERS, B. M.; KALKO, E. K. V. & SCHITZLER, H. 2001. Echolocation behavior and signal plasticity in the Neotropical bat *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (Vespertilionidae): a convergent case with European species of *Pipistrellus*? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, **50**: 317-328.

SILVA, F. 1985. **Guia para determinação de morcegos: Rio Grande do Sul**. Martins Livreiro. p.77.

SIMMONS, N. B. 1998. A reappraisal of interfamilial relationships of bats. *In*: KUNZ, T. H. & RACEY, P. A. eds. **Bats, biology and conservation**. Washington, D.C., Smithsonian Institution. p.3-26.

SLATKIN, M. 1984. Ecological causes of sexual dimorphism. **Evolution**, **38**(3): 622-630.

STADELMANN, B.; HERRERA, L. G.; ARROYO-CABRALES, J.; FLORES-MARTÍNEZ, J. J.; MAY, B. P. & RUEDI, M. 2004. Molecular systematics of the fishing bat *Myotis vivesi*. **Journal of Mammalogy**, **85**(1): 133-139.

THOMAS, D. W. & MARSHALL, A. G. 1984. Reproduction and growth in three species of West African fruit bats. **Journal of Zoology**, **202**: 265-281.

TIDEMANN, C. R. 1986. Morphological variation in Australian and Island population of Gould's wattled bat, *Chalinolobus gouldii* (Gray) (Chiroptera: Vespertilionidae). **Australian Journal of Zoology**, **34**(4): 503-514.

TUMLISON, R. 1993. Geographic variation in the lappet-eared bat, *Idionycteris phyllotis*, with descriptions of subspecies. **Journal of Mammalogy**, **74**(2): 412-421.

VAUGHAN, T. A. 1970. The skeletal system. *In*. WIMSATT, W. A. ed. **Biology of bats**. New York, Academic Press, v. 2. p.97-138.

VINCENT, S. E.; HERREL, A. & IRSCHICK, D. J. 2004. Sexual dimorphism in head shape and diet in the cottonmouth snake (*Agkistrodon piscivorus*). **Journal of Zoology**, **264**: 53-59.

VIZOTTO, L. D. & TADDEI, V. A. 1973. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. **Boletim de Ciências**, **1**: 1-72.

WILLIG, M. R. 1985. Ecology, reproductive biology, and systematics of *Neoplatymops mattogrossensis* (Chiroptera: Molossidae). **Journal of Mammalogy**, **66**(4): 618-628.

WILLIG, M. R.; PRESLEY, S. J.; OWEN, R. D. & LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. 2000. Composition and structure of bat assemblages in Paraguay: a subtropical-temperate interface. **Journal of Mammalogy**, **81**(2): 386-401.

WILSON, D. E. & FINDLEY, J. S. 1970. Reproductive cycle of a Neotropical insectivorous bat, *Myotis nigricans*. **Nature**, **225**: 1155.

WILSON, D. E. & REEDER, D. M. 2005. **Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference**. Baltimore, Johns Hopkins University Press, v. 2, 3ed. 2000p.

ZELDITCH, M. L.; FINK, W. L. & SWIDERSKI, D. L. 1995. Morphometrics, homology, and phylogenetics: quantified characters as synapomorphies. **Systematic Biology**, **44**(2): 179-189.





Dimorfismo sexual e variação de tamanho e forma do crânio de *Myotis nigricans*  
(Schinz, 1821) (Chiroptera: Vespertilionidae) de duas áreas geográficas brasileiras

Renata Bornholdt<sup>1</sup>, Larissa Rosa de Oliveira<sup>2</sup> e Marta Elena Fabián<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Departamento de Biologia Animal. Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco IV, Prédio 43435, sala 123. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 91540-000, Brasil ([reborn@terra.com.br](mailto:reborn@terra.com.br))

<sup>2</sup> Grupo de Estudos de Mamíferos Aquáticos do Rio Grande do Sul (GEMARS). Rua Felipe Néri, 382/202. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 90440-150, Brasil e Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECLIMAR-UFRGS). Av. Tramandaí, 976. Imbé, Rio Grande do Sul, 95625-000, Brasil

---

**RESUMO.** Apresentamos uma análise quantitativa do dimorfismo sexual e da variação geográfica do crânio de *Myotis nigricans* (Schinz, 1821), através de técnicas de morfometria tradicional e geométrica. Na análise da morfometria tradicional, as diferenças no tamanho foram avaliadas através de dez medidas lineares do crânio e uma do antebraço. Diferenças no tamanho e na forma foram avaliadas através da análise da morfometria geométrica de imagens bidimensionais das vistas lateral e palatal do crânio, onde foram definidos 30 marcos anatômicos. Os resultados tanto da morfometria tradicional quanto da geométrica indicaram a existência de dimorfismo sexual exclusivamente no tamanho do crânio. Em cinco medidas cranianas e no comprimento do antebraço as fêmeas foram maiores que os machos. A variação geográfica esteve presente no tamanho e na forma do crânio. Espécimes do Sul do Brasil foram maiores que os espécimes do Ceará em cinco medidas cranianas e também no comprimento do antebraço. Diferenças na forma do crânio foram estatisticamente significativas. Grades de deformação mostram as mudanças na forma, principalmente relacionadas à vista lateral.

**PALAVRAS-CHAVE.** Chiroptera; *Myotis nigricans*; dimorfismo sexual; variação geográfica; morfometria.

---

**ABSTRACT.** We present a quantitative analysis of sexual dimorphism and geographic variation in the skull of *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) assessed by traditional and geometric morphometrics. In the traditional morphometrics, differences in size of skulls were analyzed using ten linear measurements of the skull and one from forearm. Differences in size and shape were investigated applying geometric morphometrics techniques to two-dimensional images of lateral and ventral views, in which 30 landmarks were plotted. Results of traditional and geometric morphometrics revealed sexual dimorphism only in size of the skull. Females were larger than males, in five skull measurements and in the forearm length. Geographic variation was evident in size and shape of the skull. Southern Brazilian specimens were larger than Ceará specimens in five skull measurements and also in the forearm length. Differences in shape of the skull were statistically significant. Deformation grids present changes in the skull shape, mainly related to lateral view.

**KEY WORDS.** Chiroptera; *Myotis nigricans*; sexual dimorphism; geographic variation; morphometrics.

---

## INTRODUÇÃO

O gênero *Myotis* (Kaup, 1821) possui mais de 80 espécies distribuídas globalmente (KOOPMAN, 1993). As espécies são morfológicamente muito semelhantes e raramente refletem especialização, o que dificulta sua correta identificação (LAVAL, 1973; BOGAN, 1978; REDUKER, 1983; RUEDI *ET AL.*, 1990; BAUD & MENU, 1993; BARQUEZ *ET AL.*, 1999; GANNON *ET AL.*, 2001; RUEDI & MAYER, 2001; LÓPEZ-GONZÁLEZ *ET AL.*, 2001; STADELMANN *ET AL.*, 2004) e conduz à complexidade taxonômica do grupo. *Myotis* teve incontestável sucesso evolutivo e seus representantes podem ser encontrados em todos os continentes (exceção da Antártica), de habitats semidesérticos a regiões subantárticas (RUEDI & MAYER, 2001). Com relação aos hábitos alimentares, a maioria das espécies é insetívora, embora tenha sido registrado que algumas espécies alimentam-se de peixes (RICE, 1998). As espécies do gênero podem coexistir e dividir espaço e recursos alimentares sem aparente exclusão competitiva (RUEDI & MAYER, 2001; STADELMANN *ET AL.*, 2004), pois a similaridade morfológica não necessariamente reflete similaridade ecológica (SAUDERS & BARCLAY, 1992). BENDA & HORÁČEK (1995) afirmaram que os padrões de variação morfológica para o gênero promovem informações complexas sobre a taxonomia, a dinâmica de adaptação e a história de distribuição das espécies. Contudo, acrescentaram que são poucos os estudos detalhados com quirópteros sob esse aspecto.

Das 14 espécies de *Myotis* que ocorrem na Região Neotropical (LAVAL, 1973), seis possuem registro para o Brasil: *M. albescens* (E. Geoffroy, 1806), *M. levis* (I. Geoffroy, 1824), *M. nigricans* (Schinz, 1821), *M. riparia* Handley, 1960, *M. rubra* (E. Geoffroy, 1806) e *M. sima* Thomas, 1901 (KOOPMAN, 1993). A espécie *M. nigricans* ocorre desde o sul do México até o sul do Brasil e norte do Peru, Bolívia e Argentina

(Koopman, 1982; Eisenberg & Redford, 1999). Para o Brasil, Koopman (1982) descreveu distribuição contínua da espécie desde a região amazônica até aproximadamente o Estado de Santa Catarina. Contudo, Ihering (1895) já havia registrado a espécie para o Rio Grande do Sul e Cabrera (1957) confirmou o estado como o limite austral de distribuição da espécie no Brasil. González (2000) afirmou que *M. nigricans* é comum no Rio Grande do Sul, inclusive nas áreas urbanas da cidade de Porto Alegre. Esta espécie possui hábito gregário e habita espaços entre cascas de árvores, folhagens e forros de prédios e casas, sendo os locais de modificação antrópica os mais freqüentados (Carvalho, 1973).

Estudos sobre dimorfismo sexual e variação geográfica para *M. nigricans* são escassos. Laval (1973) foi pioneiro na pesquisa sobre variação morfológica para a espécie, onde sugeriu haver diferenças entre espécimes de diferentes regiões geográficas da América do Sul. O dimorfismo sexual, contudo, não foi reportado pelo autor. Myers & Wetzel (1983) afirmaram não haver diferenças significativas entre machos e fêmeas com relação às medidas cranianas e externas para a espécie na Argentina, Bolívia e Paraguai. No entanto, encontraram evidências de variação geográfica nas medidas lineares entre os espécimes destas regiões.

Embora algumas medidas e alguns caracteres da morfologia externa e craniana tenham sido registrados para *M. nigricans* (Ihering, 1895; Cabrera, 1957; Laval, 1973; Myers & Wetzel, 1983; López-González *et al.*, 2001), seu status taxonômico permanece confuso e pouco se sabe sobre o dimorfismo sexual e a variação geográfica da espécie no Brasil. Os estudos que descreveram a morfologia de *M. nigricans* na América do Sul exploraram exclusivamente a morfometria tradicional e as informações com relação à forma independente de tamanho não foram analisadas. O presente estudo tem como objetivo avaliar a existência de dimorfismo sexual e variação geográfica no

tamanho e na forma do crânio de *M. nigricans*, através das técnicas de morfometria tradicional e geométrica, como subsídio para melhor caracterizar a espécie em duas áreas geográficas brasileiras. A morfometria geométrica tem se mostrado objetiva e eficiente quando comparada aos métodos tradicionais (ZELDITCH *ET AL.*, 1995; ROHLF *ET AL.*, 1996; ROHLF, 1998) e esses dois enfoques podem ser considerados complementares.

## MATERIAL E MÉTODOS

Examinaram-se 131 espécimes adultos de *Myotis nigricans* provenientes de duas áreas geográficas do Brasil: Ceará e Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) (Figura 1). O dimorfismo sexual foi analisado apenas para os espécimes do Sul do Brasil e a variação geográfica apenas para as fêmeas, devido ao pequeno número de exemplares machos provenientes da região do Ceará depositado nas instituições consultadas.

A determinação da categoria etária foi realizada com base na detecção da presença de epífises ósseas ou cartilaginosas da articulação metacarpo-falange do quarto dígito esquerdo (BURNETT & KUNZ, 1982; KUNZ & ANTHONY, 1982; ANTHONY, 1988). Espécimes foram considerados adultos quando o dígito possuía as articulações totalmente ossificadas.

Para a análise do dimorfismo sexual e da variação geográfica foram empregadas duas técnicas: morfometria tradicional (MARCUS, 1990) e geométrica (ver BOOKSTEIN, 1991; ROHLF & MARCUS, 1993; MONTEIRO & REIS, 1999). A morfometria tradicional foi empregada para que os resultados dessa pesquisa pudessem ser discutidos com os resultados descritos na literatura sobre quirópteros. A morfometria geométrica foi utilizada para visualizar e testar diferenças no tamanho e na forma dos exemplares analisados.

Para este estudo, foram examinados os espécimes de coleções das seguintes instituições: Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ZMAM), Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN), Museu de Ciências Naturais da UNIVATES (ZMUMCN) e Universidade Regional de Blumenau (FURB-SLA).

### Material examinado:

BRASIL, **Ceará**: Canindé (4°21'S 39°18'W), MCN 1144 (♀), MCN 1163 (♀), MCN 1359 (♀); Jaguaruana (4°50'S 37°46'W), MCN 1146 (♀), MCN 1147 (♀), MCN 1148 (♀); Palhano (4°44'S 37°57'W), MNC 1113 (♀), MCN 1149 (♀), MCN 1151 (♀), MCN 1152 (♀), MCN 1153 (♀), MCN 1155 (♀), MCN 1157 (♀); Pereiro (6°02'S 38°27'W), MCN 1149 (♀); **Paraná**: Castro (24°79'S 50°01'W), ZMAM 0776 (♂), ZMAM 0780 (♂); Londrina (23°31' 51°16'W), ZMAM 0775 (♀), ZMAM 0777 (♂), ZMAM 0778 (♂); **Santa Catarina**: Água Doce (26°99'S 51°16'W), FURB-SLA 1726 (♀), FURB-SLA 1730 (♀); Blumenau (26°93'S 49°05'W), FURB-SLA 1634 (♂), FURB-SLA 1644 (♂); Florianópolis (27°59'S 48°54'W), FURB-SLA 0057 (♀), FURB-SLA 0111 (♀), FURB-SLA 0238 (♂), FURB-SLA 0239 (♂), FURB-SLA 0240 (♂), FURB-SLA 0241 (♀), FURB-SLA 0242 (♂), FURB-SLA 0254 (♀), FURB-SLA 0255 (♀), FURB-SLA 0256 (♂), FURB-SLA 0257 (♀), FURB-SLA 0258 (♀), FURB-SLA 0282 (♂), FURB-SLA 0283 (♀), FURB-SLA 0284 (♀), FURB-SLA 0286 (♀), FURB-SLA 0288 (♂), FURB-SLA 0289 (♀), FURB-SLA 0290 (♀), FURB-SLA 0305 (♂), FURB-SLA 0306 (♀), FURB-SLA 0307 (♀), FURB-SLA 0308 (♀), FURB-SLA 0313 (♂), FURB-SLA 0314 (♀), FURB-SLA 0318 (♂), FURB-SLA 0320 (♂), FURB-SLA 321 (♀), FURB-SLA 0322 (♀), FURB-SLA 0323 (♀), FURB-SLA 0352 (♂), FURB-SLA 0353 (♂), FURB-SLA 0360 (♂), FURB-SLA 0361 (♂), FURB-SLA 0552 (♂), FURB-SLA 0553 (♂), FURB-SLA 0560 (♀), FURB-SLA 0707 (♀), FURB-SLA 1022 (♂); Gaspar (26°55'S 48°57'W), FURB-SLA 0075 (♀); Indaial (26°89'S 49°23'W), FURB-SLA 1740 (♂), FURB-SLA 1781 (♀), FURB-SLA 1783 (♀), FURB-SLA 1802 (♂), FURB-SLA 1811 (♂), FURB-SLA 1823 (♀); Jaraguá do Sul (26°29'S 49°04'W), FURB-SLA 1875 (♂); Joinville (26°30'S 48°84'W), FURB-SLA 0063 (♀); Nova Veneza (28°63'S 49°49'W), FURB-SLA 0897 (♂), FURB-SLA 0902 (♀), FURB-SLA 0908 (♀); Pomerode (26°74'S 49°17'W), FURB-SLA 1220 (♀), FURB-SLA 1221 (♀), FURB-SLA 1222 (♀); Santa Rosa do Sul (29°08'S 49°42'W), FURB-SLA 0914 (♀), FURB-SLA 0918 (♂), FURB-SLA 0920 (♀); **Rio Grande do Sul**: Anta Gorda (28°58'S 52°00'W), MCN 0556 (♀), MCN 0557 (♀); Arroio do Meio (29°24'S 51°56'W), ZMUMCN 0391 (♂); Caxias do Sul (29°10'S 51°10'W), ZMAM 0078 (♀), ZMAM 0079 (♂), ZMAM 0080 (♀); Dom Pedro de Alcântara (29°22'S 49°50'W), ZMAM 0195 (♀), ZMAM 0196 (♂), ZMAM 0197 (♀), ZMAM 0200 (♂), ZMAM 0201 (♂), ZMAM 0257 (♂), ZMAM 0502 (♂); Forquetinha (29°22'S 52°05'W), ZMUMCN 0648 (♀); General Câmara (29°54'S 51°45'W), ZMAM 0165 (♀); Guaíba (30°06'S 51°19'W), MCN 2351 (♂); Lajeado (29°28'S 51°57'W), ZMUMCN 0225 (♂), ZMUMCN 0226 (♂), ZMUMCN 0652 (♀); Maquiné (29°40'S 50°12'W), ZMAM 0006 (♀),

ZMAM 0057 (♀), ZMAM 0751 (♀), ZMAM 0752 (♀), ZMAM 0753 (♀), ZMAM 0755 (♀), ZMAM 0756 (♀), ZMAM 0757 (♂); Marquês de Souza (29°19'S 52°05'W), ZMUMCN 617 (♂); Pelotas (31°46'S 52°20'W), ZMAM 0732 (♂), ZMAM 0735 (♀), ZMAM 0740 (♂); Putinga (29°00'S 52°09'W), ZMUMCN 0265 (♀), ZMUMCN 0509 (♂); Santa Maria (29°41'S 53°49'W), MCN 0289 (♀), MCN 0290 (♀), MCN 0292 (♀), MCN 0293 (♂), MCN 0294 (♀), MCN 0295 (♀), MCN 0296 (♀), MCN 0297 (♀), MCN 0298 (♀), MCN 0299 (♀), MCN 0301 (♂); São José do Herval (29°02'S 52°17'W), ZMUMCN 0383 (♀); São Lourenço do Sul (31°21'S 51°58'W), MCN 0399 (♀); Teutônia (29°26'S 51°48'W), ZMUMCN 0402 (♀); Viamão (30°04'S 51°01'W), ZMAM 0782 (♀), ZMAM 0783 (♂), ZMAM 0785 (♂), ZMAM 0786 (♂).



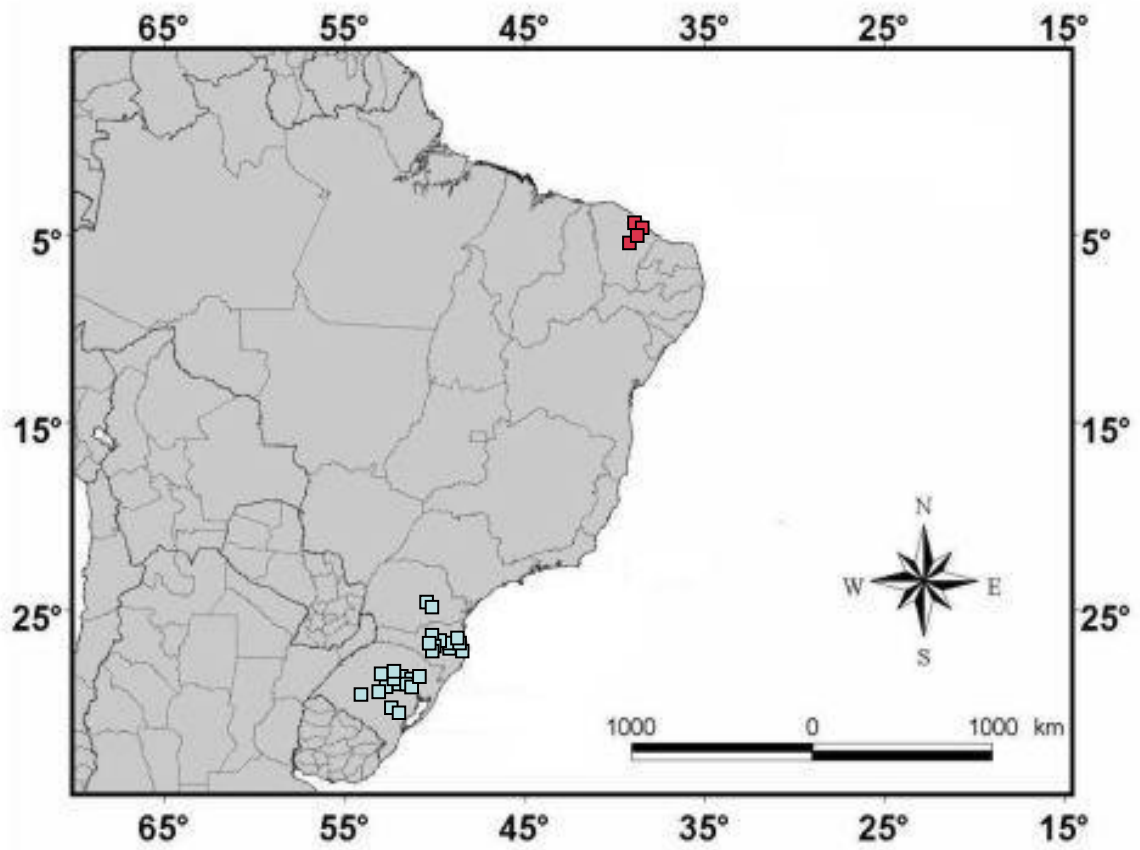


Figura 1. Mapa apresentando as duas áreas geográficas estudadas com as localidades de origem dos exemplares de *M. nigricans* amostrados. Quadrado vermelho: Ceará; quadrado azul: Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).

### *Morfometria tradicional:*

Foram realizadas dez medidas cranianas (n= 127), além da medida do comprimento do antebraço (n= 121) (Figura 2A, B, C e D) em espécimes adultos (Tabela I), com a utilização de paquímetro digital Mitutoyo® com precisão de 0,05mm. Todas as medidas lineares se basearam nos estudos de VIZOTTO & TADDEI (1973) e BARQUEZ *ET AL.* (1999).

O cálculo do tamanho mínimo de amostra foi efetuado através do programa *Computer Programs for Epidemiologists* (PEPI), versão 3.01 e a normalidade foi testada utilizando o teste não paramétrico de Kolmogorov Smirnov. Para comparar as médias das medidas lineares entre machos e fêmeas e entre exemplares das duas áreas geográficas foi empregado teste *t*. Adicionalmente, foi realizada Análise de Componentes Principais (ACP), a fim de reduzir o número de variáveis e realizar uma análise exploratória para detectar a existência de grupos *a priori* entre os sexos e entre as áreas geográficas. A Análise de Variáveis Canônicas (AVC) foi executada quando esses grupos eram detectados. As análises estatísticas da morfometria tradicional foram realizadas utilizando os seguintes programas: Excel (Microsoft Office Excel 2003, Microsoft Corporation) e SPSS 11.5 (SPSS for Windows, Lead Technologies Inc, Chicago).

Tabela I. Número de espécimes de *Myotis nigricans* incluído nas análises de morfometria tradicional (comprimento do antebraço e medidas cranianas) e de morfometria geométrica (vista lateral e palatal), de acordo com sua área geográfica e sexo.

<i>Área geográfica</i>	<i>Sexo</i>	<i>Comprimento do antebraço</i>	<i>Medidas cranianas</i>	<i>Vista lateral</i>	<i>Vista palatal</i>
Sul do Brasil	Fêmeas	57	67	59	59
	Machos	50	46	48	47
Ceará	Fêmeas	14	14	13	13
	Machos	-	-	-	-
Total		121	127	120	119

*Morfometria geométrica:*

Foram realizadas imagens de 120 (vista lateral) e 119 (vista palatal) crânios de *M. nigricans* (Tabela I). As imagens foram feitas utilizando câmara digital *Nikon Coolpix 4500*, acoplada ao estereomicroscópio *Nikon SMZ 800* e salvas em formato JPEG. Todas as imagens tinham resolução de 800 X 600 pixels. Os crânios foram posicionados em um ângulo de 90° a partir da lente do estereomicroscópio e sempre acompanhados por uma escala. Trinta marcos anatômicos, considerados homólogos e topologicamente equivalentes em todas as imagens, foram selecionados para descrever a variação no tamanho e na forma dos crânios e foram digitalizados utilizando o programa TpsDig 1.40 (ROHLF, 2004A). Todos os marcos anatômicos foram posicionados no lado esquerdo da imagem do crânio e estão representados na Figura 2.

Definição dos marcos anatômicos:

*Vista lateral* (Figura 2B): (1) base do supra-occipital; (2) extremidade anterior do crânio, ao nível do alvéolo do primeiro incisivo; (3) extremidade posterior do côndilo occipital; (4) extremidade dorsal do meato auditivo; (5) extremidade posterior do terceiro molar; (6) limite alveolar entre o primeiro e o segundo molar; (7) limite alveolar entre o terceiro pré-molar e o primeiro molar; (8) limite alveolar entre o primeiro e o segundo pré-molar; (9) extremidade anterior do alvéolo do canino; (10) órbita ocular; (11) extremidade dorsal da fossa nasal; (12) ponto de congruência rostro/caixa craniana; (13) extremidade ântero-lateral da caixa craniana; (14) intersecção entre o osso parietal e o occipital.

*Vista palatal* (Figura 2D): (15) extremidade anterior do crânio, ao nível do segundo incisivo; (16) extremidade posterior do côndilo occipital; (17) incisura pré-maxilar; (18) incisura palatal; (19) incisura do forâmen magno; (20) extremidade lateral do basicrânio, ao nível da região auditiva; (21) extremidade lateral esquerda da fossa articular; (22) extremidade lateral direita da fossa articular; (23) extremidade lateral direita do forâmen lacerado médio; (24) incisura do zigomático; (25) extremidade posterior do terceiro molar; (26) incisura da arcada mandibular; (27) limite alveolar entre o primeiro e o segundo molar; (28) limite alveolar entre o terceiro pré-molar e o primeiro molar; (29) limite alveolar entre o primeiro e o segundo molar; (30) extremidade esquerda do alvéolo do canino.

Para a vista palatal, as análises foram realizadas com os pontos digitalizados apenas na metade do crânio, com o propósito de se evitar que os graus de liberdade “inflassem” em decorrência da simetria bilateral desta vista (isto é, o mesmo marco anatômico digitalizado na mesma estrutura, porém um no lado esquerdo e a outro no direito do crânio). Todas as análises foram realizadas utilizando essa configuração. As coordenadas das imagens produzidas pelo programa TpsDig 1.40 (ROHLF, 2004A) (originalmente obtidas em pixels) foram convertidas em milímetros pela multiplicação do fator de conversão pixel/milímetro de cada uma das imagens. As coordenadas então transformadas em milímetros foram salvas no formato *nts*.

O tamanho do centróide foi calculado através do programa TpsRegr 1.28 (ROHLF, 2003) para representar a variável tamanho independente de forma (BOOKSTEIN, 1991). As médias dos tamanhos dos centróides de machos e fêmeas e das duas regiões estudadas foram comparadas a partir do teste *t*.

A fim de analisar a forma dos crânios, as coordenadas de cada uma das imagens foram alinhadas através da superposição de Procrustes, usando o programa TpsRelw 1.39 (ROHLF, 2004B) com a opção  $\alpha = 0$ , projeção ortogonal e componente uniforme incluso. A opção do parâmetro  $\alpha$  como zero foi escolhida para dar peso equivalente às deformações parciais (ROHLF & MARCUS, 1993). As diferenças na forma dos marcos anatômicos foram obtidas e utilizadas para computar uma matriz de escores de deformações parciais (*Partial Warps, PW*). As deformações relativas (*Relative Warps, RW*) foram geradas sobre a matriz de covariância dos escores das deformações parciais e são análogas aos componentes principais, uma vez que descrevem os eixos de maior variação na forma, para todos os espécimes analisados. Após terem sido geradas as deformações relativas, foram utilizadas para a análise de correlação, apenas as deformações que correspondem juntas a pelo menos 50% da variação total do crânio. A

matriz de deformações parciais, incluindo o componente uniforme, foi usada na Análise de Variáveis Canônicas, com o propósito de descrever e confirmar os padrões previamente sugeridos pelas deformações relativas.

A existência de alometria craniana foi examinada através de gráficos de correlação entre tamanho (tamanho do centróide) e forma (deformações relativas) dos crânios para ambas as vistas estudadas. Todas as análises estatísticas da morfometria geométrica foram realizadas através do programa SPSS 11.5 (SPSS for Windows, Lead Technologies Inc, Chicago).

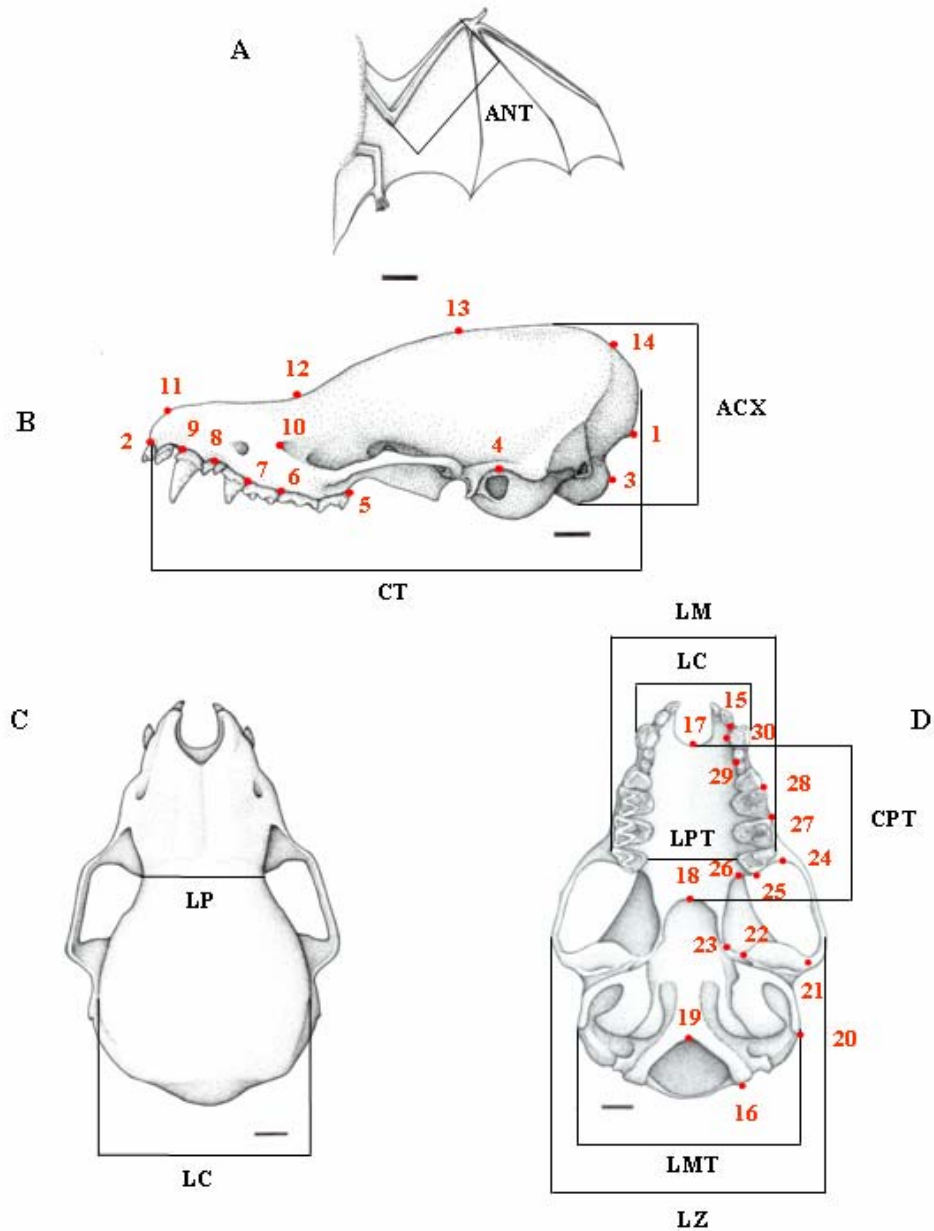


Figura 2. Representação das medidas lineares e dos marcos anatômicos (números vermelhos) analisados no estudo. **A.** antebraço (ANT). **B.** vista lateral do crânio. **C.** vista dorsal do crânio. **D.** vista palatal do crânio. **CT:** comprimento total do crânio, **CPT:** comprimento do palato, **LC:** largura externa dos caninos, **LM:** largura externa dos molares, **LPT:** largura do palato, **LP:** largura pós-orbitária, **LZ:** largura zigomática, **LCX:** largura da caixa craniana, **LMT:** largura do mastóide, **ACX:** altura da caixa craniana. Escala A= 1cm; escala B-D= 1mm.

## RESULTADOS

### Dimorfismo sexual

#### *Morfometria tradicional*

Resultados do teste  $t$  para os espécimes da área geográfica Sul do Brasil, indicaram a presença de dimorfismo sexual no comprimento do antebraço e em cinco das dez medidas cranianas estudadas (Tabela II): comprimento total do crânio, comprimento do palato, largura externa dos caninos, largura zigomática e altura da caixa craniana. Em todas as medidas lineares, as fêmeas foram maiores que os machos ( $P < 0,05$ ). Na ACP, o primeiro componente principal (PC1) explicou 56,07% da variação total observada e o segundo (PC2) explicou 10,5% (Figura 3). As medidas que mais contribuíram para PC1 foram: comprimento total do crânio, largura da caixa craniana e largura do mastóide, medidas que possuem maior variação de comprimento influenciando diretamente no tamanho do crânio. No entanto, a análise multivariada dos componentes principais das dez medidas cranianas não foi sensível o suficiente para detectar o dimorfismo sexual, pois não houve formação de grupos *a priori* separando os sexos (Figura 3).



Tabela II. Média, desvio padrão (DP) e resultado do teste *t* para o dimorfismo sexual das medidas lineares (mm) dos espécimes de *Myotis nigricans* da área geográfica Sul do Brasil (n= número amostral; t= valor de *t* calculado; g.l.= graus de liberdade; *P*= significância).

<i>Medidas</i>	<i>n</i>	♀ <i>Média (DP)</i>	<i>n</i>	♂ <i>Média (DP)</i>	<i>t</i>	<i>g.l.</i>	<i>P</i>
Ant	57	35,15 (1,44)	50	33,8 (1,43)	4,83	105	0,0001***
CT	67	13,63 (0,82)	46	13,22 (0,57)	2,9	111	0,004**
CPT	67	5,59 (0,46)	46	5,4 (0,48)	2,07	111	0,041*
LC	67	3,48 (0,21)	46	3,38 (0,18)	2,49	111	0,014*
LM	67	5,4 (0,42)	46	5,3 (0,3)	1,37	111	0,172 ns
LPT	67	3,02 (0,23)	46	2,95 (0,18)	1,76	111	0,081 ns
LP	67	3,62 (0,17)	46	3,6 (0,16)	0,65	111	0,514 ns
LZ	67	8,22 (0,59)	46	7,93 (0,58)	2,58	111	0,011 *
LCX	67	6,64 (0,35)	46	6,56 (0,32)	1,26	111	0,211 ns
LMT	67	7,08 (0,3)	46	6,98 (0,25)	1,84	111	0,068 ns
ACX	67	4,96 (0,22)	46	4,82 (0,25)	2,95	111	0,004 **

\*\*\**P*<0,001; \*\**P*<0,01; \**P*<0,05 e ns= não significativo

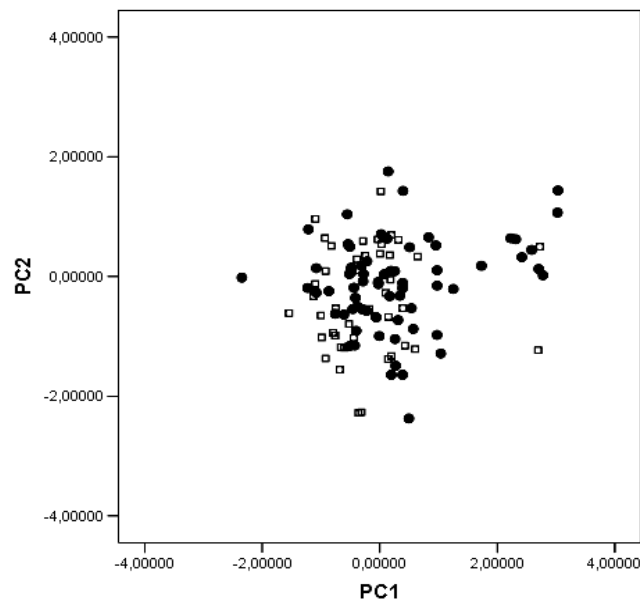


Figura 3. Análise dos escores dos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) do crânio de *Myotis nigricans* do Sul do Brasil. Círculo preto: fêmeas; quadrado vazado: machos.

### Morfometria geométrica

*Tamanho:* O tamanho do centróide foi estatisticamente diferente entre machos e fêmeas do Sul do Brasil para ambas as vistas estudadas (Tabela III), com as fêmeas maiores que os machos ( $P < 0,05$ ).

Tabela III. Resultados do teste  $t$  da análise de dimorfismo sexual para o tamanho do centróide de ambas as vistas do crânio de *Myotis nigricans* do Sul do Brasil ( $n$ = número amostral;  $t$ = valor de  $t$  calculado; g.l.= graus de liberdade;  $P$ = significância).

Vista	$n$	♀ Média (DP)	$n$	♂ Média (DP)	$t$	g.l.	P
Lateral	59	1,86 (0,05)	48	1,84 (0,04)	2,12	105	0,036*
Palatal	59	3,15 (0,09)	47	3,09 (0,08)	3,31	104	0,001***

\*\*\* $P < 0,001$ ; \* $P < 0,05$

*Forma:* Para a vista lateral, foram geradas 24 deformações relativas, sendo que a primeira explicou 25,59% da variação, a segunda 15% e a terceira 11,06%, representado juntas mais de 50% da variação total da forma do crânio. Gráficos de correlação entre as três primeiras deformações relativas desta vista não evidenciaram formação de grupos *a priori* para os sexos. Os escores das duas primeiras deformações relativas (RW1 e RW2) para a vista lateral estão representadas na Figura 4A.

Para a vista palatal, foram geradas 28 deformação relativas, onde a primeira explicou 24,37% da variação, a segunda 16,18% e a terceira 11,6% e juntas explicaram mais de 50% da variação total da forma do crânio. Gráficos de correlação entre as três primeiras deformações relativas desta vista também não evidenciaram a formação de grupos *a priori* para os sexos. Os escores das duas primeiras deformações relativas (RW1 e RW2) para a vista palatal estão representadas na Figura 4B. Não houve

correlação entre o tamanho do centróide e as três primeiras deformações relativas nas vistas estudadas.

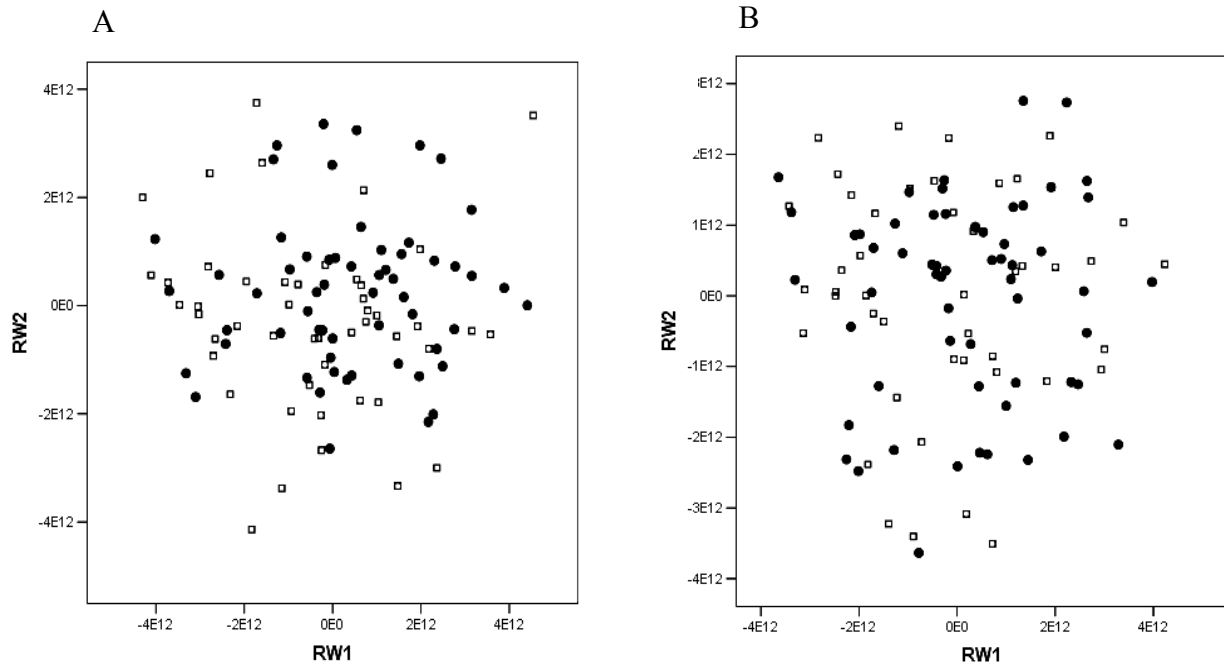


Figura 4. Análise dos escores das duas primeiras deformações relativas (RW1 e RW2) do crânio de *Myotis nigricans* de espécimes da área geográfica Sul do Brasil nas vistas (A) lateral e (B) palatal.

Círculo preto: fêmeas; quadrado vazado: machos.

## Varição geográfica

### *Morfometria tradicional*

Resultados do teste *t* evidenciaram a presença de variação geográfica para o comprimento do antebraço e para cinco medidas cranianas (Tabela IV): largura do palato, largura pós-orbitária, largura da caixa craniana, largura do mastóide e altura da caixa craniana. Os espécimes do Sul do Brasil apresentaram todas as medidas lineares maiores que os espécimes do Ceará ( $P < 0,05$ ). Na ACP, o primeiro componente principal (PC1) explicou 58,05% e o segundo (PC2) 11,52% da variação total (Figura 5). As medidas que mais contribuíram para PC1 foram: comprimento total do crânio, largura da caixa craniana e largura do mastóide. Os escores dos espécimes nos dois primeiros componentes principais (Figura 5) delimitaram dois grupos *a priori* que representaram as duas áreas geográficas estudadas. Os espécimes do Sul do Brasil separaram-se dos espécimes do Ceará principalmente ao longo do eixo do segundo componente principal. Os resultados da AVC das medidas cranianas confirmaram os grupos previamente sugeridos pela ACP e as diferenças observadas entre as regiões estudadas foram estatisticamente significativas ( $\lambda$  Wilk= 0,443; g.l.= 6; F= 25,136;  $P < 0,0001$ ).

Tabela IV. Média, desvio padrão (DP) e resultado do teste *t* para a variação geográfica das medidas lineares (mm) dos espécimes fêmeas de *Myotis nigricans* (n= número amostral; t= valor de t calculado; g.l.= graus de liberdade; P= significância).

Medidas	n	Sul do Brasil Média (DP)	n	Ceará Média (DP)	t	g.l.	P
Ant	57	35,15 (1,44)	14	31,48 (0,94)	9,02	69	0,0001***
CT	67	13,63 (0,82)	14	13,28 (0,37)	1,58	79	0,118 ns
CPT	67	5,59 (0,46)	14	5,58 (0,3)	0,04	79	0,964 ns
LC	67	3,48 (0,21)	14	3,51 (0,28)	-0,46	79	0,642 ns
LM	67	5,4 (0,42)	14	5,39 (0,15)	0,09	79	0,930 ns
LPT	67	3,02 (0,23)	14	2,81 (0,1)	3,18	79	0,002**
LP	67	3,62 (0,17)	14	3,26 (0,1)	7,18	79	0,0001***
LZ	67	8,22 (0,59)	14	8,19 (0,23)	0,21	79	0,831 ns
LCX	67	8,22 (0,59)	14	6,29 (0,12)	3,64	79	0,0001***
LMT	67	7,08 (0,3)	14	6,72 (0,16)	4,33	79	0,0001***
ACX	67	4,96 (0,22)	14	4,51 (0,17)	6,91	79	0,0001***

\*\*\* $P < 0,001$ ; \*\* $P < 0,01$  e ns= não significativo

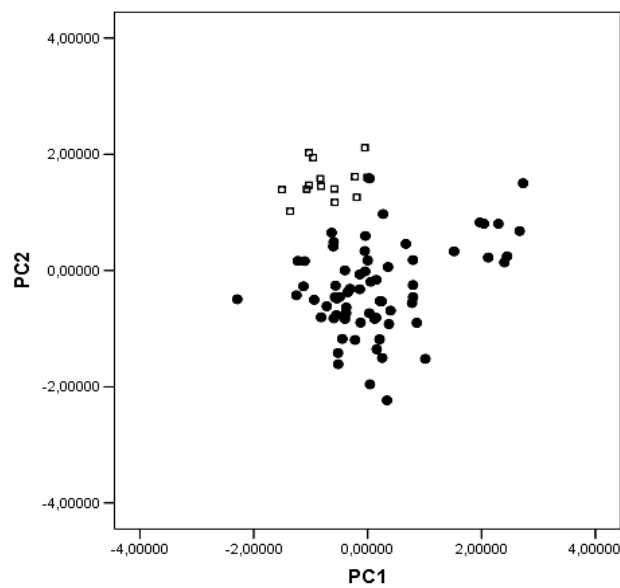


Figura 5. Análise dos escores dos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) do crânio de espécimes fêmeas de *Myotis nigricans*. Círculo preto: Sul do Brasil; quadrado vazado: Ceará.

## Morfometria geométrica

*Tamanho:* O resultado do teste *t* para o tamanho do centróide da vista lateral foi estatisticamente significativo (Tabela V), onde espécimes do Sul do Brasil foram maiores que espécimes do Ceará ( $P < 0,05$ ). Contudo, para a vista palatal, o tamanho do centróide não foi estatisticamente significativo (Tabela V), indicando ausência de variação geográfica no tamanho para esta vista ( $P > 0,05$ ).

Tabela V. Resultados do teste *t* da análise de variação geográfica para o tamanho do centróide de ambas as vistas do crânio de fêmeas de *Myotis nigricans* (n= número amostral; t= valor de t calculado; g.l.= graus de liberdade; P= significância).

Vista	n	Sul do Brasil Média (DP)	n	Ceará Média (DP)	t	g.l.	P
Lateral	59	1,89 (0,03)	13	1,86 (0,05)	2,16	70	0,034*
Palatal	59	3,15 (0,09)	13	3,19 (0,06)	1,67	70	0,099 ns

\* $P < 0,05$  e ns= não significativo

*Forma:* Para a vista lateral foram geradas 24 deformações relativas, sendo que a primeira explicou 21,95% da variação, a segunda 17,71% e a terceira 11,93%, representando juntas mais de 50% da variação total da forma do crânio. As diferenças na forma relacionadas às duas primeiras deformações relativas (RW1 e RW2) para esta vista são representadas na Figura 6A, sugerindo a formação de grupos *a priori* e a separação parcial entre os espécimes do Sul do Brasil e do Ceará, ao longo do eixo da segunda deformação relativa. A AVC das deformações parciais confirmou a existência de variação geográfica para a vista lateral, fundamentalmente relacionada à mudança na forma do crânio e não ao tamanho (centróide) (Figura 7). Essas diferenças foram estatisticamente significativas ( $\lambda$  Wilk= 0,470; g.l.= 4; F= 22,62;  $P < 0,0001$ ). Quando

comparado ao crânio dos espécimes do Ceará, o crânio dos espécimes do Sul do Brasil apresenta uma compressão na região anterior do rosto e a extremidade ântero-lateral da caixa craniana menos acentuada. A caixa craniana dos exemplares do Ceará é visivelmente acentuada. A região do osso occipital nos espécimes do Sul do Brasil possui uma angulação menor que nos espécimes do Ceará, além de estar mais voltada para a porção anterior do crânio. Esta mesma região (do osso occipital) nos crânios dos espécimes do Ceará apresenta-se voltada para a porção posterior.

Para a vista palatal foram geradas 28 deformações relativas, onde a primeira explicou 24,6% da variação, a segunda 16,86% e a terceira 10,47% e juntas explicaram mais de 50% da variação total do crânio. As diferenças na forma relacionadas às duas primeiras deformações relativas (RW1 e RW2) para esta vista são representadas na Figura 6B, sugerindo também a formação de grupos *a priori* e a separação parcial entre os espécimes do Sul do Brasil e do Ceará ao longo do eixo da primeira deformação relativa. A AVC das deformações parciais também confirmou a existência de dois grupos para esta vista, sugerindo que a variação geográfica em crânios de *M. nigricans* esteja relacionada a mudanças na forma também na vista palatal (Figura 8). Essas diferenças foram estatisticamente significativas ( $\lambda$  Wilk= 0,495; g.l.= 4; F= 20,297;  $P<0,0001$ ). As modificações na forma da vista palatal concentraram-se principalmente na região do rosto e da fossa articular, com os espécimes do Sul do Brasil apresentando fossa articular e região da bula timpânica mais alongadas do que espécimes do Ceará. A porção mais distal do rosto em nível dos dentes incisivos e do dente canino nos exemplares do Ceará é mais comprimida quando comparada à porção equivalente nos exemplares do Sul do Brasil.

A vista lateral foi a mais informativa para análise da variação geográfica de *M. nigricans*, pois além do tamanho do centróide denotar diferenças significativas entre as

regiões estudadas, as modificações na forma dos crânios foram mais evidentes (ver grades de deformação Figura 7). Não houve correlação entre o tamanho do centróide e as três primeiras deformações relativas em nenhuma das vistas estudadas.

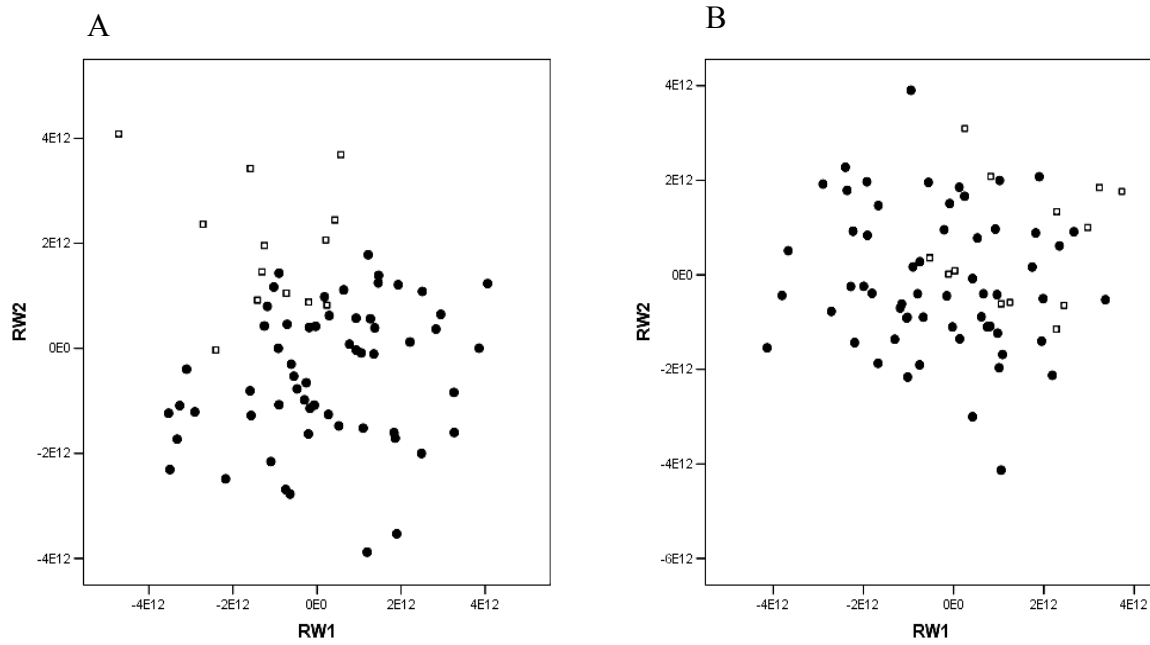


Figura 6. Análise dos escores das duas primeiras deformações relativas (RW1 e RW2) do crânio de exemplares fêmeas de *Myotis nigricans* nas vistas (A) lateral e (B) palatal. Círculo preto: Sul do Brasil; quadrado vazado: Ceará.



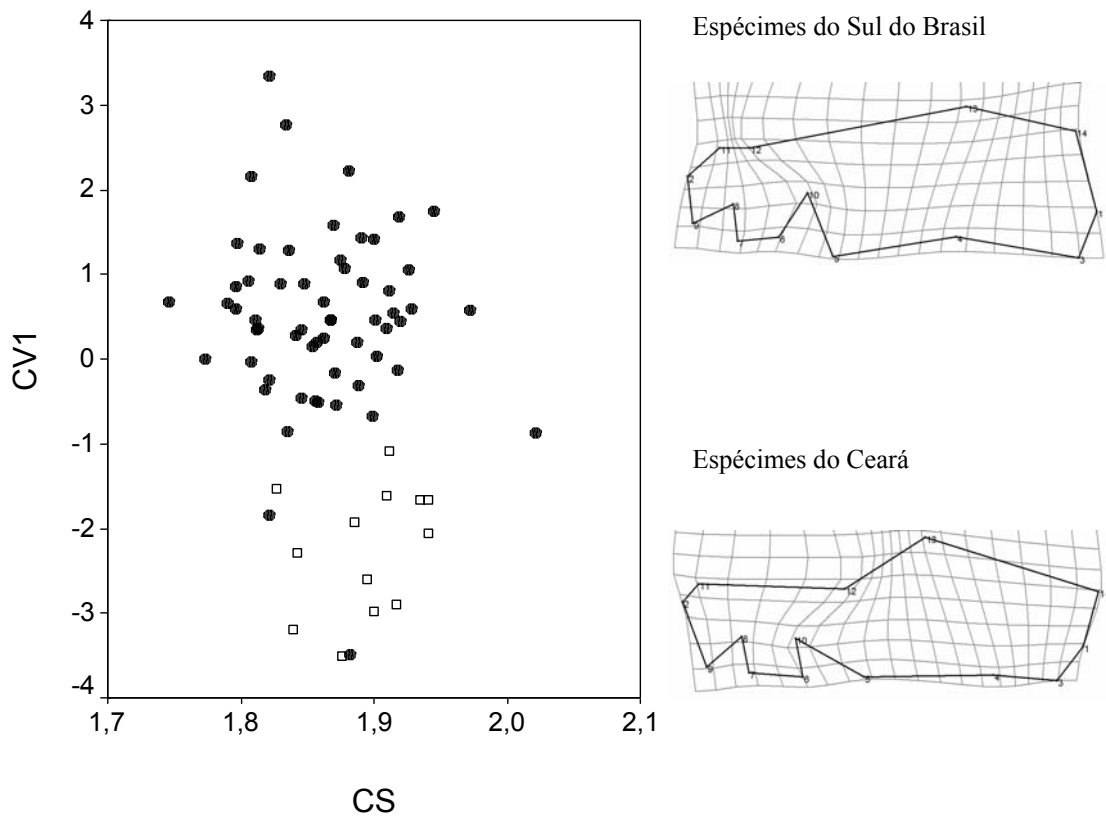


Figura 7. Escores das variáveis canônicas 1 (CV1) e do tamanho do centróide (CS) para o crânio das fêmeas de *Myotis nigricans* na vista lateral. Diagramas no detalhe à direita representam a forma do crânio nos dois extremos dos escores canônicos. Círculo preto: Sul do Brasil; quadrado vazado: Ceará.

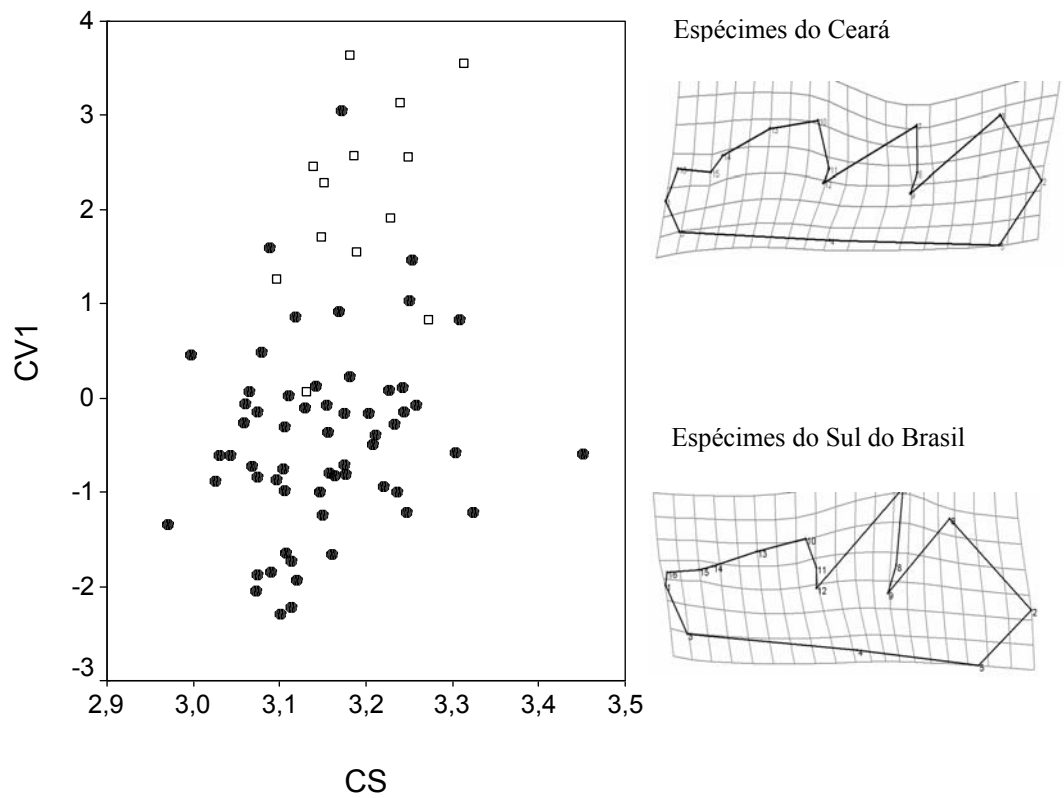


Figura 8. Escores das variáveis canônicas 1 (CV1) e do tamanho do centróide (CS) para o crânio das fêmeas de *Myotis nigricans* na vista palatal. Diagramas no detalhe à direita representam a forma do crânio nos dois extremos dos escores canônicos. Círculo preto: Sul do Brasil; quadrado vazado: Ceará.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Diversos autores analisaram o dimorfismo sexual para espécies de morcegos da família Vespertilionidae, através do uso de medidas lineares. Entre estes, podem-se citar MYERS (1978) que afirmou que as fêmeas de espécies desta família são comumente maiores que os machos e SAUDERS & BARCLAY (1992) que, para duas espécies de *Myotis* (*M. lucifugus* e *M. volans*), verificaram o comprimento do antebraço maior para as fêmeas. BOGDANOWICZ & OWEN (1996) analisaram estruturas cranianas mediante a morfometria geométrica em *Otonycteris hemprichi*. Estes autores encontraram diferenças em relação ao tamanho do crânio, onde as fêmeas apresentaram tamanho do centróide maior que os machos. A forma do crânio, contudo, não evidenciou dimorfismo sexual.

No presente estudo, os resultados revelam a existência de diferenças no tamanho do antebraço e no tamanho do crânio de *M. nigricans*, tanto em cinco medidas cranianas quanto no tamanho do centróide. Para todas as análises, as fêmeas foram maiores que os machos. Contudo, na análise das deformações relativas não foram observadas formações de grupos, o que indica ausência de diferenças na forma do crânio entre os sexos. Portanto, os resultados para o dimorfismo sexual sugerem diferenças entre machos e fêmeas de *M. nigricans* do Sul do Brasil fundamentalmente relacionadas ao tamanho, e não à forma do crânio. Deste modo, os resultados quantitativos das medidas lineares e dos marcos anatômicos corroboram os resultados dos autores sobre dimorfismo sexual de vespertilionídeos em relação ao tamanho, onde as fêmeas são maiores que os machos.

A distinção entre espécimes das duas áreas geográficas amostradas através das medidas lineares e do tamanho do centróide denota que os espécimes do Sul do Brasil,

isto é, de latitudes mais altas, são maiores que os espécimes do Ceará, latitudes mais baixas. Variações de tamanho em exemplares de diferentes latitudes já foram detectadas para o gênero *Myotis*. BOGDANOWICZ (1990), ao analisar exemplares de *M. daubentoni* na Europa, concluiu que os animais de latitudes mais altas eram maiores que os animais de latitudes mais baixas. BENDA & HORÁČEK (1995) demonstraram o mesmo resultado para três espécies de *Myotis* (*M. myotis*, *M. blythi* e *M. nattereri*) do Paleártico. Outros padrões de variação geográfica (longitudinal) foram encontrados para diversas espécies do gênero (TOPÁL, 1971; MYERS & WETZEL, 1983; RUEDI ET AL., 1990; ALBAYRAK & ASAN, 2002).

LAVAl (1973), contudo, sugeriu existir padrão de variação geográfica diferente para *M. nigricans* no Brasil, onde espécimes da Bacia Amazônica seriam maiores que espécimes do Sul do Brasil. Os dados do presente trabalho não confirmam as observações do autor. No entanto, LAVAl (1973) não amostrou exemplares dos estados do Ceará, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e seus resultados descritivos com relação à variação geográfica não foram testados estatisticamente.

As diferenças morfológicas entre exemplares do Sul do Brasil e do Ceará não estão restritas ao tamanho. A variação geográfica esteve presente também na forma do crânio e as grades de deformação exibem claramente essa variação. As diferenças na forma para a vista lateral concentraram-se fundamentalmente na caixa craniana e na região do osso occipital. Já para a vista palatal, as variações foram mais evidentes na região do rosto e da fossa articular.

As informações sobre a morfologia externa e craniana de *M. nigricans* na América do Sul são restritas às medidas lineares, às descrições de coloração do pêlo e a caracteres cranianos merísticos (LAVAl, 1973; MYERS & WETZEL, 1983; LÓPEZ-GONZÁLEZ ET AL., 2001). Dados sobre variação morfológica em *M. nigricans* e em

morcegos, em geral, relacionada à forma do crânio, a partir da análise de morfometria geométrica, são inéditos no Brasil.

Com base na variação geográfica no tamanho e forma das estruturas analisadas, poderia-se sugerir a ocorrência de subespécies ou espécies distintas. No entanto, o pequeno número amostral de exemplares machos provenientes do Ceará, impossibilitou a análise de variação geográfica para este sexo. Destaca-se, ainda, a falta de conhecimento sobre os exemplares de *M. nigricans* das demais áreas de ocorrência da espécie no Brasil, o que seria fundamental para uma definição em nível taxonômico.

A ausência de correlação entre tamanho (tamanho do centróide) e forma (deformações relativas) nas duas vistas estudadas (lateral e palatal) entre machos e fêmeas e entre espécimes do Sul do Brasil e Ceará sugere ausência de alometria para *M. nigricans* dessas duas áreas geográficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAYRAK, I. & ASAN, N. 2002. Taxonomic status and karyotype of *Myotis capaccinii* (Bonaparte, 1837) from Turkey (Chiroptera: Vespertilionidae). **Mammalia**, **66**(1): 63-70.

ANTHONY, E. L. P. 1988. Age determination in bats. *In*: KUNZ, T. H. ed. **Ecological and behavioral methods for the study of bats**. Washington, Smithsonian Institution. p.47-58.

BARQUEZ, R. M.; MARES, M. A. & BRAUN, J. K. 1999. **The bats of Argentina**. Lubbock, Museum of Texas Tech University. 275p.

BAUD, F. J. & MENU, H. 1993. Paraguayan bats of the genus *Myotis*, with a redefinition of *M. simus* (Thomas, 1901). **Revue Suisse de Zoologie**, **100**(3): 595-607.

BENDA, P. & HORÁČEK, I. 1995. Geographic variation in three species of *Myotis* (Mammalia: Chiroptera) in south of the Western Palearctics. **Acta Societatis Zoologicae Bohemicae**, **59**: 17-39.

BOGAN, M. A. 1978. A new species of *Myotis* from the Islas Tres Marias, Nayarit, Mexico, with comments on variation in *Myotis nigricans*. **Journal of Mammalogy**, **59**(3): 519-530.

BOGDANOWICZ, W. 1990. Geographic variation and taxonomy of Daubenton's bat, *Myotis daubentoni*, in Europe. **Journal of Mammalogy**, **71**(2): 205-218.

BOGDANOWICZ, W. & OWEN, R. D. 1996. Landmark-based size and shape analysis in systematics of the Plecotine bats. *In*: MARCUS, L. F.; CORTI, M.; LOY, A.; NAYLOR, G. J. P. & SLICE, D. eds. **Advances in Morphometrics**. New York, Plenum Press. p.489-501.

BOOKSTEIN, F. L. 1991. **Morphometric tools for landmark data**. New York, Cambridge University Press. 435p.

BURNETT, C. D. & KUNZ, T. H. 1982. Growth rates and age estimation in *Eptesicus fuscus* and comparison with *Myotis lucifugus*. 1982. **Journal of Mammalogy**, **63**(1): 33-41.

CABRERA, A. 1957. Catalogo de los Mamíferos de América del Sur. **Revista del Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia**, **4**(1): 1-307.

CARVALHO, C. T. 1973. Revisão nos vespertilionídeos brasileiros. **Silvicultura em São Paulo**, **8**: 115-125.

EISENBERG, J. F. & REDFORD, K. H. 1999. **Mammals of the neotropics – the central neotropics**. Chicago, The University of Chicago Press. vol.3. 609p.

GANNON, W. L.; SHERWIN, R. E.; DE CARVALHO, T. N. & O'FARREL, M. J. 2001. Pinnae and echolocation call differences between *Myotis californicus* and *M. ciliolabrum* (Chiroptera: Vespertilionidae). **Acta Chiropterologica**, **3**(1): 77-91.

GONZÁLEZ, J. C. 2000. Morcegos da área urbana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia**, **1**(5): 53- 82.

IHERING, H. V. 1895. Os mamíferos do Rio Grande do Sul. **Anuário do Rio Grande do Sul**, 41-77.

KOOPMAN, K. F. 1982. Biogeography of the bats of South America. *In*: MARES, M. A. & GENOWAYS, H. H. eds. **Mammalian biology in South America**. Linesville, Pymatuning Special Publications. p.273-302.

KOOPMAN, K. F. 1993. Order Chiroptera. *In*: WILSON, D. F. & REEDER, D. M. eds. **Mammal species of the world, a taxonomic and geographic reference**. Washington, D.C., Smithsonian Institution. p.137-241.

KUNZ, T. H. & E. L. P. ANTHONY. 1982. Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus*. **Journal of Mammalogy**, **63**(1): 23-32.

LAVAL, R. K. 1973. A revision of the neotropical bats of the genus *Myotis*. **Bulletin of the Natural History of Los Angeles**, **15**: 1-54.



LÓPEZ-GONZÁLEZ, C.; PRESLEY, S. J.; OWEN, R. D. & WILLIG, M. R. 2001. Taxonomic status of *Myotis* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Paraguay. **Journal of Mammalogy**, **82**(1): 138-160.

MARCUS, L. F. 1990. Tradicional morphometrics. *In*: ROHLF, F. J. & BOOKSTEIN, F. L. eds. **Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop: Special Publication**. Michigan, The University of Michigan Museum of Zoology. p.77-122.

MONTEIRO, L. R. & REIS, S. F. 1999. **Princípios de morfometria geométrica**. Ribeirão Preto, Holos Editora. 189p.

MYERS, P. 1978. Sexual dimorphism in size of vespertilionid bats. **American Naturalist**, **112**: 701-711.

MYERS, P. & WETZEL, R. M. 1983. Systematic and zoogeography of the bats of the Chaco Boreal. **Miscellaneous Publications**, 1-59.

REDUKER, D. W. 1983. Functional analysis of the masticatory apparatus in two species of *Myotis*. **Journal of Mammalogy**, **64**(2): 277-286.

RICE, D. W. 1998. **Marine Mammals of the world: systematics and distribution**. Lawrence, Special Publications Society for Marine Mammalogy, Allen Press. 231p.

ROHLF, F. J. 1998. On applications of geometrics to studies of ontogeny and phylogeny. **Systematic Biology**, **47**(1): 147-158.

ROHLF, F. J. 2003. **TpsRegr, ver. 1.28**. Department of Ecology and Evolution, New York, State University of New York at Stony Brook.

ROHLF, F. J. 2004A. **TpsDig, ver. 1.40**. Department of Ecology and Evolution, New York, State University of New York at Stony Brook.

ROHLF, F. J. 2004B. **TpsRelw, ver. 1.39**. Department of Ecology and Evolution, New York, State University of New York at Stony Brook.

ROHLF, F. J.; LOY, A. & CORTI, M. 1996. Morphometric analysis of old world Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial-warps scores. **Systematic Biology**, **45**(3): 344-362.

ROHLF, F. J. & MARCUS, L. F. 1993. A revolution in morphometrics. **Trends in Ecology and Evolution**, **8**(4): 129-132.

RUEDI, M.; ARLETTAZ, R. & MADDALENA, T. 1990. Distinction morphologique et biochimique de deux espèces jumelles de chauvez-souris: *Myotis myotis* (Bork.) et *Myotis blythi* (Tomes) (Mammalia: Vespertilionidae). **Mammalia**, **54**(3): 415-429.

RUEDI, M. & MAYER, F. 2001. Molecular systematics of bats of the genus *Myotis* (Vespertilionidae) suggests deterministic ecomorphological convergences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, **21**(3): 436-448.

SAUNDERS, M. B. & BARCLAY, R. M. R. 1992. Ecomorphology of insectivorous bats: a test of predictions using two morphologically similar species. **Ecology**, **73**(4): 1335-1345.

STADELMANN, B.; HERRERA, L. G.; ARROYO-CABRALES, J.; FLORES-MARTÍNEZ, J. J.; MAY, B. P. & RUEDI, M. 2004. Molecular systematics of the fishing bat *Myotis vivesi*. **Journal of Mammalogy**, **85**(1): 133-139.

TOPÁL, G. 1971. The taxonomic position of *Myotis dobsoni* (Trouessart, 1879), and some statistical data to the subspecific examination of *Myotis blythi*. **Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici**, **63**: 383-400.

VIZOTTO, L. D. & TADDEI, V. A. 1973. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. **Boletim de Ciências**, **1**: 1-72.

ZELDITCH, M. L.; FINK, W. L. & SWIDERSKI, D. L. 1995. Morphometrics, homology, and phylogenetics: quantified characters as synapomorphies. **Systematic Biology**, **44**(2): 179-189.

## *Capítulo Conclusivo*

---

Os morcegos do gênero *Myotis* tiveram inegável sucesso evolutivo. Este sucesso evidencia-se, por exemplo, pela representatividade do gênero que supera 80 espécies. Estas espécies são amplamente distribuídas e adaptadas a diversos biomas terrestres, uma vez que poucos são seus limites geográficos. Contudo, as espécies de *Myotis* são morfologicamente muito semelhantes e a dificuldade na identificação é frequentemente citada na literatura.

As características de morfologia externa e craniana das espécies de *Myotis* que ocorrem no Brasil são registradas através de medidas lineares e de caracteres merísticos. Entretanto, estas características parecem não estar bem definidas e é freqüente a sobreposição morfológica entre as espécies. Comumente, são realizadas identificações sem haver conhecimento sobre possíveis variações morfológicas, sendo que esta prática pode ocasionar problemas a nível taxonômico.

O presente estudo revelou existir dimorfismo sexual e variação geográfica no comprimento do antebraço e no crânio de *M. nigricans* de duas áreas geográficas brasileiras. Destaca-se que as análises através das técnicas de morfometria tradicional e geométrica forneceram evidências sobre variação morfológicas com relação ao tamanho e forma do crânio de *M. nigricans*.

Para seis medidas lineares, bem como para o tamanho do centróide, as fêmeas foram maiores que os machos. No entanto, a falta de distinção na forma do crânio entre machos e fêmeas denota que o dimorfismo sexual está relacionado ao tamanho e não à forma. Espécimes do Sul do Brasil tiveram medidas lineares e tamanho do centróide da vista lateral maiores que os espécimes do Ceará. A análise das deformações relativas e parciais mostrou que há também diferenças na forma do crânio. A caixa craniana dos espécimes do Ceará é visivelmente mais acentuada e a região do osso occipital possui angulação na direção posterior do crânio. Por outro lado, nos espécimes do Sul do Brasil

a caixa craniana é menos acentuada e a região do osso occipital possui angulação na direção anterior do crânio. Para a vista palatal, as variações de forma são mais evidentes na região do rostro e da fossa articular. O rostro apresenta-se mais comprimido nos espécimes do Sul do Brasil e a fossa articular, por outro lado, mais alongada em comparação aos espécimes do Ceará. As diferenças na forma foram testadas e são estatisticamente significativas. Variações na forma do crânio de *M. nigricans* das duas áreas geográficas são claramente visíveis nas grades de deformação.

Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o conhecimento da morfologia de *M. nigricans* e fornecem subsídio para melhor caracterizar a espécie nas duas áreas geográficas estudadas. Poderiam, ainda, indicar que os espécimes das duas áreas geográficas representam subespécies ou mesmo espécies distintas. No entanto, seria necessário ampliar o tamanho da amostra incluindo também exemplares de toda a área de distribuição da espécie para melhor definir o status taxonômico da mesma.