



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DE DUAS ESPÉCIES DE  
MORCEGOS DO GÊNERO *Artibeus* (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)

João Pessoa – Paraíba  
Agosto/2014

RUMENIGG BARBOZA DE VASCONCELOS

PARÂMETROS BIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS DE DUAS ESPÉCIES DE  
MORCEGOS DO GÊNERO *Artibeus* (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)

Dissertação apresentada junto ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Biológicas da Universidade  
Federal da Paraíba como um dos  
requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Zoologia

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Serramo Lopez

João Pessoa – Paraíba  
Agosto/2014

V331p Vasconcelos, Rumenigg Barboza de.  
Parâmetros biológicos e morfológicos de duas espécies de morcegos do gênero *Artibeus* (Chiroptera:Phyllostomidae) / Rumenigg Barboza de Vasconcelos.-- João Pessoa, 2014.  
71f. : il.  
Orientador: Luiz Carlos Serramo Lopez  
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN  
1. Zoologia. 2. Alometria. 3. Dimorfismo. 4. Asas.  
5.Morfologia. 6. SMA.

UFPB/BC

CDU: 59(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zoologia**, no Curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas.

Banca examinadora:

---

Luiz Carlos Serramo Lopez. Dr. UFPB (Orientador)

---

Pedro Cordeiro Estrela. Dr. UFPB (Titular Interno)

---

Luiz Augustinho Menezes da Silva. Dr. UFPE (Titular Externo)

João Pessoa – Paraíba  
Agosto/2014

**Aos meus pais, Cleonide e Jaime;**

**Aos meus irmãos, Cleonide-Filha e Ramon.**

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo carinho e estímulo;

A Paloma Albuquerque, Charllys Batista e Thiago Assis pela ajuda nos trabalhos de laboratório, troca de ideias e incentivo;

Aos colegas e amigos de turma pelas sugestões de melhorias na pesquisa.

A Julião Sertão, Marina Pinheiro Klüppel e Getúlio L. Freitas pela disponibilidade e apoio para com as atividades de campo na Reserva Biológica Guaribas;

A Maria Paula Aguiar Fracasso e Luiz Carlos Serramo Lopez, pela orientação, apoio e valiosas contribuições para este trabalho;

À CAPES, pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar as medidas corporais de duas espécies de morcegos frugívoros (*Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*) que co-ocorrem na Reserva Biológica Guaribas, Estado da Paraíba, Brasil. Foi analisado um total de 118 indivíduos coletados em rede de neblina entre junho e outubro de 2013. Foram medidos a massa corporal, a envergadura, o comprimento dos ossos das asas e a tíbia de 65 *A. planirostris* e 53 *A. cinereus*. As duas espécies apresentaram dimorfismo sexual de tamanho, sendo as fêmeas significativamente maiores que os machos. Regressões (SMA) entre as variáveis morfométricas para as duas espécies na sua maior parte diferiram significativamente da isometria, indicando que houve diferença de forma, um resultado corroborado pela análise discriminante. As medidas de asa tenderam a crescer menos que o esperado em relação à massa corporal, o que pode indicar uma adaptação para reduzir o arrasto e permitir maiores velocidades de vôo nos indivíduos de maior tamanho. Além disso, foi encontrada uma correlação positiva entre a massa corporal e a Razão do Aspecto, o que sugere uma tendência para o estreitamento das asas em indivíduos de maior tamanho (outra adaptação que permite um vôo mais rápido). Ao contrário da asa, a tíbia nas duas espécies aumentou de tamanho mais do que o esperado com o aumento da massa corporal. Esse processo pode estar relacionado ao maior investimento na tíbia, a fim de sustentar o crescente ganho peso nos morcegos de maior porte.

**Palavras-chave:** alometria, dimorfismo, asas, morfologia, SMA.

## ABSTRACT

The aim of this study was to compare the body measurements of two species of frugivore bats (*Artibeus planirostris* and *Artibeus cinereus*) that co-occur in the Biological Reserve Guaribas, State of Paraíba, Brazil. A total of 118 individuals collected in mist net between June and October 2013 were analyzed. Body mass, wingspan, the length of the wing bones and tibia of 65 *A. planirostris* and 53 *A. cinereus* were measured. The two species showed sexual dimorphism in size, with females significantly larger than males. Regressions (SMA) between morphometric variables for both species tend to differ significantly from isometry, indicating that there were differences in form between these two species, a result confirmed by discriminant analysis. Wing measures tended to grow less than expected in relation to body mass, which may be an adaptation to reduce drag and allow higher speeds flying in larger individuals. Furthermore, there was a positive correlation between body mass and aspect ratio, which suggests a tendency to narrowing of the wings in larger individuals (another adaptation that allows faster flight). Unlike the wing, the tibia in both species increased in size more than expected with increased body mass. This process may be related to increased investment in the tibia in order to support the increasing weight gain in larger bats.

**Keywords:** allometry, dimorphism, wings, morphology, SMA.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização da Unidade de Conservação no mapa. Abaixo é mostrada a área de Tabuleiro (a,b), na Reserva Biológica Guaribas.....**25**
- Figura 2. Marcação pelo método de colar de indivíduo adulto da espécie *Artibeus cinereus*.....**26**
- Figura 3. Modificado de Bininda-Emonds e Russell (1993). Os dígitos são mostrados em algarismos romanos; antebraço e envergadura ilustrados, como FA e B, respectivamente. O ângulo  $\alpha$  segue à definição de Smith-Starret (1979).....**27**
- Figura 4. Relação entre a massa corporal (y) e o comprimento do antebraço (x) de 67 morcegos fêmeas das espécies *Artibeus planirostris* (A.p.) e *Artibeus cinereus* (A.c.). Na figura 4a foram usados os dados brutos e na figura 4b os mesmos dados foram transformados em Log 2.....**28**
- Figura 5. Alometrias observadas (—) e esperadas (---) para fêmeas das duas espécies estudadas (n= 67). A ilustração acima apresenta a relação da massa corporal com a superfície alar (A), envergadura (B) e tíbia (C), respectivamente...**38**
- Figura 6. Medidas lineares (antebraço, dígitos e tíbia) estandardizadas pela envergadura separadas por sexo e espécie, com respectivos testes de Kruskal-Wallis. Nas figuras apresentadas acima as médias são indicadas pelo símbolo do quadrado(□), seguidas do desvio padrão ( $\pm$ DP).....**47**

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Média ( $\pm$ DP) das medidas morfométricas brutas de tamanho de corpo de machos (m) e fêmeas (f) das espécies *Artibeus cinereus* e *Artibeus planirostris*. Os asteriscos indicam o grau de significância dos fatores sexo e espécie em uma nova fatorial (\* $<0.05$ , \*\* $<0.01$ , \*\*\* $<0.001$ ).....**31**
- Tabela 2. Razões das médias de medidas morfométricas entre indivíduos machos (m) e fêmeas (f) de *Artibeus planirostris* (A.p.) e *Artibeus cinereus* (A.c.).....**32**
- Tabela 3a. Comparação entre indivíduos de *Artibeus cinereus* (n=53) (Sup=super alométrico; Sub=sub-alométrico).....**34**
- Tabela 3b. Comparação entre indivíduos de *Artibeus planirostris* (n=65) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).....**35**
- Tabela 3c. Comparação entre espécies (sem separação por sexo) (n=118) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).....**36**
- Tabela 3d. Comparação entre espécies (separadas por sexo: machos (m) (n = 51), fêmeas (f) (n = 67)) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).....**37**
- Tabela 4. Tabela resumida (a partir dos dados apresentados na tabela 3 das principais relações alométricas entre massa corporal e tíbia (y) e as medidas relacionada a asa (Dedo 3, Dedo 4, Dedo 5, Antebraço, Superfície Alar, Envergadura, Carga Alar e Razão do Aspecto) (x) utilizando diferentes subgrupos comparativos. Números entre parênteses com e sem asteriscos representam o número de correlações que foram significativas e não significativas, respectivamente, para cada conjunto de correlações, (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).....**38**
- Tabela 5. Expoentes alométricos calculados para 118 indivíduos adultos das espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* comparados com os resultados observados por Norberg e Rayner (1987), para os microquirópteros (n=208), filostomídeos (n=35) e estenodermatíneos (n=9) (MC = massa corporal; ENV = envergadura; SUPALAR = superfície alar; AR = razão do aspecto; C.ALAR = carga alar). O asterisco (\*) indica diferenças significativas entre as amostras analisadas (sup=super-alométrico, sub=sub-alométrico).....**40**
- Tabela 6. Análise Discriminante de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas de *Artibeus planirostris*, na qual foram usadas medidas da tíbia, antebraço e dígitos (Wilks' Lambda: .77470 approx. F(5.59) = 3.4317 p< .0087).....**41**
- Tabela 7. Matriz de Classificação usando dados brutos de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas da espécie *Artibeus planirostris*.....**41**

Tabela 8. Análise Discriminante de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas de <i>Artibeus planirostris</i> usando medidas de asa e tíbia relativizadas pela envergadura (Wilks' Lambda: .92652 approx. F (5,59)=.93588 p< .4645).....	<b>42</b>
Tabela 9. Matriz de Classificação de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas de <i>Artibeus planirostris</i> usando medidas de asa e tíbia relativizadas pela envergadura.....	<b>42</b>
Tabela 10. Análise Discriminante utilizando dados brutos de 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de <i>Artibeus cinereus</i> (Wilks' Lambda: .75074 approx. F (5,47)=3.1210 p< .0163).....	<b>43</b>
Tabela 11. Matriz de Classificação utilizando dados brutos de 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de <i>Artibeus cinereus</i> .....	<b>43</b>
Tabela 12. Análise Discriminante usando dados relativizados pela envergadura de 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de <i>Artibeus cinereus</i> (Wilks' Lambda: .91731 approx. F (5,47)=.84732 p< .5233).....	<b>44</b>
Tabela 13. Matriz de Classificação de dados brutos usando 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de <i>Artibeus cinereus</i> .....	<b>44</b>
Tabela 14. Análise Discriminante utilizando medidas brutas de tíbia e ossos das asas de indivíduos das espécies <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> (Wilks' Lambda: .02059 approx. F (5,112)=1065.6 p<0.0000).....	<b>45</b>
Tabela 15. Análise Discriminante entre as duas espécies (n = 118) usando medidas de tíbia e ossos das asas relativizadas pela envergadura (Wilks' Lambda: .21412 approx. F (5,112)=82.217 p<0.0000).....	<b>45</b>
Tabela 16. Matriz de Classificação usando as medidas das duas espécies de tíbia e ossos das asas relativizadas pela envergadura.....	<b>46</b>

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1. Valores dos expoentes esperados (b) em uma equação isométrica ( $y=ax^b$ ) para organismos que mantêm uma similaridade geométrica (crescem sem mudar de forma ou densidade).....**16**
- Quadro 2. Compilação de trinta e cinco principais estudos realizados nos Neotrópicos sobre parâmetros biológicos e morfológicos de Microchiroptera (Phyllo=Phyllostomidae, Emballo = Emballonuridae, Nocti = Noctilionidae, Mormo = Mormoopidae, Nata = Natalidae, Thyro = Thyropteridae, Vesper = Vespertilionidae, Molo = Molossidae).....**19**
- Quadro 3. Hipóteses que possivelmente explicam super-alometrias ou sub-alometrias nas relações entre a massa corporal e as variáveis de asa e tibia nos morcegos.....**23**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1. Diversidade de Quirópteros e Características Biológicas das duas espécies de morcegos estenodermatíneos estudadas.....	<b>13</b>
1.2. Características estruturais e morfologia das asas dos morcegos.....	<b>14</b>
1.3. Alometria.....	<b>15</b>
1.4. Carga Alar .....	<b>17</b>
1.5. Razão do Aspecto .....	<b>17</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>18</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
3.1. Objetivo Geral.....	<b>21</b>
3.2. Objetivos Específicos.....	<b>22</b>
<b>4. HIPÓTESES</b> .....	<b>22</b>
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
5.1. Área de Estudo.....	<b>24</b>
5.2. Amostragem de Quirópteros e Definição das Medidas Morfológicas.....	<b>25</b>
5.3. Análises Estatísticas.....	<b>28</b>
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
6.1. Morfometria de <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> .....	<b>30</b>
6.2. Expoentes Alométricos das Regressões Lineares (massa corporal, tíbia e medidas de asa) nas espécies <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> .....	<b>32</b>
6.3. Comparação das alometrias de <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> com dados da literatura de morcegos (Norberg e Rayner, 1987).....	<b>40</b>

6.4. Análise das medidas brutas (tíbia e ossos das asas) e relativizadas pela envergadura entre indivíduos de <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> .....	40
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	<b>49</b>
7.1. Morfometria de <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> .....	49
7.2. Expoentes Alométricos das Regressões Lineares (massa corporal, tíbia e medidas de asa) nas espécies <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> .....	50
7.3. Comparação das alometrias de <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> com dados da literatura de morcegos (Norberg e Rayner, 1987).....	53
7.4. Análise das medidas brutas (tíbia e ossos das asas) e medidas relativizadas pela envergadura entre indivíduos de <i>Artibeus planirostris</i> e <i>Artibeus cinereus</i> .....	54
<b>8. CONCLUSÕES</b> .....	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>64</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Diversidade de Quirópteros e Características Biológicas das duas espécies de morcegos estenodermatíneos estudadas

Os quirópteros possuem ampla distribuição, ocorrem em todos os continentes, exceto na Antártida (BRUNETT-ROSSINI e AUSTAD, 2004), e são um dos grupos mais diversos entre os mamíferos de ecossistemas neotropicais (KUNZ e STERN, 1995; ESTRADA-VILLEGAS *et al.*, 2010), representando 25% a 30% dos mamíferos continentais da América do sul (LÓPEZ-GONZALEZ, 2004; ADAMS, 2008).

Na região Neotropical existem nove famílias de morcegos (Emballonuridae; Phyllostomidae; Mormoopidae; Noctilionidae; Furipteridae; Thyropteridae; Natalidae; Molossidae e Vespertilionidae) (PAGLIA *et al.*, 2012). Phyllostomidae inclui aproximadamente 143 espécies conhecidas (GARDNER, 2007) e constitui um dos táxons mais ecologicamente distintos (GIANNINI e KALKO, 2004). Isso se deve à diversidade de hábitos alimentares encontrada nessa família (consumo de frutos, néctar, pólen, folhas, insetos, sangue e pequenos vertebrados), que permite a interação com um grande espectro de organismos (FLEMING *et al.*, 1972; PASSOS e GRACIOLLI, 2004; GRUENER, 2006; BERNARD e FENTON, 2007; ALHO *et al.*, 2011). No Brasil, os filostomídeos estão representados por 90 espécies agrupadas em 39 gêneros (PAGLIA *et al.*, 2012), sendo estimado que pelo menos 189 espécies de plantas são utilizadas como fonte de alimento por 32 espécies de morcegos desta família (FABIÁN *et al.*, 2008).

*Artibeus planirostris* são morcegos relativamente grandes (HOLLIS, 2005), que apresentam a massa corporal entre 40g e 69g, e transportam frutos com até quase um quinto do seu próprio peso (de 2.5g a 11g) (CARVALHO, 1961). Podem ser encontrados desde o sul da Venezuela até o norte da Argentina (LIM, 1997), habitam áreas florestadas e fragmentos de mata úmida ou xeromórfica (comum na Amazônia e Cerrado), se refugiando sob a folhagem ou em ocos de árvores (Reis *et al.*, 2013). Segundo estes mesmos pesquisadores esta espécie apresenta dois picos reprodutivos por ano com um filhote por gestação que dura em torno de 3.5 meses.

Por outro lado, indivíduos de *Artibeus cinereus* (Gervais, 1856) são morcegos de pequeno porte e massa corporal em torno de 12g, com distribuição dada para a porção norte da América do sul que inclui as Guianas, Venezuela, Brasil, Peru, Trinidad e Tobago (SIMMONS, 2005). Entre os *Artibeus* de pequeno porte é a espécie mais comumente encontrada em vários ecossistemas brasileiros, atuando na dispersão de sementes como os “mata-paus” e outras figueiras (*Ficus* sp) (ZORTÉA, 2007). Habita florestas úmidas, fragmentos florestais, matas ripárias, cerrados e ambientes alterados (abrigando-se em pequenos grupos sob a folhagem) (REIS *et al.*, 2013). Assim como também observado para *Artibeus planirostris*, possui dois picos reprodutivos por ano.

## 1.2. Características estruturais e morfologia das asas dos morcegos

A característica mais marcante dos morcegos é a presença de asas constituídas de membranas de pele (patágio) suportadas por longos dígitos (GUNNEL e SIMMONS, 2005) e são por isso considerados os únicos mamíferos de vôo verdadeiro (KURTA e KUNZ, 1987; CANALS *et al.*, 2005a; SHAW *et al.*, 2012).

A estrutura de asa dos morcegos é utilizada na separação de guildas tróficas (MARROIG, 2007) e associada a diferentes necessidades ecológicas (ARITA e FENTON, 1997). Ao longo da história evolutiva do grupo ocorreram consideráveis modificações anatômicas (VOIGT *et al.*, 2012), como o alongamento dos dígitos, redução distal da ulna e rádio e desenvolvimento de membranas alares (COOPER e TABIN, 2008; HONEYCUTT, 2008). Tais mudanças são resultado das fortes pressões de seleção que normalmente ocorrem sobre os ossos das asas durante a atividade de voo (SWARTZ, 1997), por ser um modo de locomoção que envolve grande gasto energético (VOIGT e HOLDERIED, 2012; NORBERG e NORBERG, 2012). A tíbia, por outro lado, não tem desenvolvimento tão fortemente relacionado ao vôo como o antebraço e elementos ósseos estruturais da asa (GUMMER e BRIGHAM, 1995).

Os quirópteros apresentam diferentes tamanhos e formas de asa (dependendo de sua história evolutiva) que muda com o tamanho do corpo (RISKIN *et al.*, 2010). O tipo de voo e habitat de forrageio dos morcegos são características

que também influenciam a forma e tamanho dos elementos ósseos das asas. Por exemplo, os morcegos molossídeos são voadores rápidos que forrageiam sobre áreas abertas e apresentam asas relativamente pequenas (alta carga alar) e longas (alta razão do aspecto). Em contrapartida, morcegos catadores (espécies que predam insetos ou pequenos vertebrados em superfícies) possuem asas grandes (baixa carga alar) e relativamente curtas (baixa razão do aspecto), o que permite voar lentamente dentro da vegetação (ARITA e FENTON, 1997). Entre espécies de morcegos, limitações aerodinâmicas (carga alar) são influenciadas mais pela massa do filhote do que pela própria massa da fêmea (BRUNETT-ROSSINI e AUSTAD, 2004).

### 1.3. Alometria

O efeito da variação do tamanho corporal sobre as proporções relativas e a fisiologia dos organismos é denominado “alometria”. A alometria geralmente se expressa através de relações não lineares entre as variáveis estudadas, as quais se refletem em equações com expoentes que diferem de 1 (linearidade positiva) ou -1 (linearidade negativa) (GOLDMAN *et al.*, 1990). Por exemplo, a relação entre o peso e o comprimento de organismos que variam de tamanho sem variar de forma (similaridade geométrica) (NORBERG, 1981) tende a ser fortemente alométrica, já que o peso é uma medida tridimensional enquanto o comprimento é unidimensional. Isso gera uma relação alométrica com expoente igual a 3 (3/1). No Quadro 1 abaixo temos os valores dos expoentes esperados para organismos que variam de tamanho mantendo a similaridade geométrica (no anexo são mostradas simulações dos expoentes esperados pela isometria utilizando cubos, de diferentes tamanhos).

**Quadro 1.** Valores dos expoentes esperados (b) em uma equação isométrica ( $y=ax^b$ ) para organismos que mantêm uma similaridade geométrica (crescem sem mudar de forma ou densidade)

Relação Morfométrica	Expoente esperado (b)
Peso = a * comprimento <sup>b</sup>	$b = 3/1 = 3$
Superfície = a * comprimento <sup>b</sup>	$b = 2/1 = 2$
Peso = a * superfície <sup>b</sup>	$b = 3/2 = 1.5$

Comparações da morfologia do aparato locomotor de animais de diferentes tamanhos mostram que a similaridade geométrica nem sempre é mantida, ou seja, esses animais podem apresentar diferenças nas proporções de suas medidas (NORBERG, 1981). Muitas dessas diferenças morfológicas que ocorrem entre espécies de morcegos estão relacionadas principalmente à forma das asas (NORBERG, 1972). Estas podem variar segundo adaptações à massa corporal, modo de vôo e tipo de dieta (SWARTZ *et al.*, 1996; FENTON e BOGDANOWICZ, 2002; RAHMAN e ABDULLAH, 2010). Além disso, a complexidade estrutural de habitats impõe limitações ecomorfológicas sobre a mobilidade de morcegos. Essas limitações são refletidas na morfologia alar (ESTRADA-VILLEGAS *et al.*, 2012), que descreve a partição espacial de recursos (CAMPBELL *et al.*, 2007).

O tamanho e a forma dos organismos são características importantes usadas na distinção das espécies (BIRCH, 1997). As medidas de massa corporal, forma de asa e comprimento de antebraço são normalmente utilizadas como parâmetros pontuais para muitas considerações autoecológicas (AESHITA *et al.*, 2006), sendo por isso usadas também na comparação entre espécies. A eficiência de vôo tende a aumentar com o aumento de massa corporal, tornando-se o vôo mais vantajoso para aqueles animais, por exemplo, que se alimentam de grandes frutos como os indivíduos de *Artibeus*, especialistas no consumo de figos (AGUIRRE *et al.*, 2002; ELANGO VAN *et al.*, 2007). O sexo é também um dos fatores que podem influenciar as características ecológicas e morfológicas de uma espécie (CAMARGO e OLIVEIRA, 2012). A carga alar e razão do aspecto são dois índices morfológicos usualmente utilizados para descrever características funcionais das asas dos quirópteros.

## 1.4. Carga Alar

A relação entre massa corporal e área das asas, comumente denominada carga alar ( $Q_s$ ) (WEBB *et al.*, 1992) é definida como massa corporal (Kg) multiplicada pela aceleração da gravidade ( $9.81\text{m/s}^2$ ) de um espécime dividido pela área total de asas (“Lifting Surface Area” - LSA) (S, em  $\text{m}^2$ ) (NORBERG e RAYNER, 1987; NORBERG e NORBERG, 2012):

$$Q_s = M \cdot g / S$$

A carga alar de um morcego afeta a sua velocidade de vôo (KALCOUNIS e BRIGHAM, 1995). Os molossídeos, por exemplo, são morcegos de vôo mais rápido e apresentam alta carga alar, enquanto outros quirópteros de vôo mais lento reduzem a carga alar pela diminuição do peso ou aumento da área das asas (FINDLEY *et al.*, 1972), com a finalidade de diminuir o gasto de energia durante o vôo (NORBERG e NORBERG, 2012).

## 1.5. Razão do Aspecto

A Razão do Aspecto (A) é definida como o quadrado da envergadura (B, em m) dividido pela superfície total de asa (S, em  $\text{m}^2$ ) (NORBERG e RAYNER, 1987; BIRCH, 1997; HEDENSTROM *et al.*, 2009) e descreve a influência da forma da asa em relação à velocidade de vôo de morcegos (AESHITA *et al.*, 2006):

$$A = B^2 / S$$

Os índices de razão do aspecto representados por valores elevados denotam asas longas e estreitas, enquanto valores baixos indicam asas curtas e amplas (HEDENSTROM *et al.*, 2009). Assim, índices elevados de razão do aspecto implicam vôos mais rápidos (ALDRIDGE e RAUTENBACH, 1987), típico dos quirópteros de habitats abertos (BIRCH, 1997), enquanto índices mais baixos são encontrados em morcegos que forrageiam em vegetação densa (NORBERG e RAYNER, 1987), como por exemplo, morcegos frugívoros que precisam voar em baixas velocidades.

## 2. JUSTIFICATIVA

As espécies de *Artibeus* estudadas são filogeneticamente próximas. Sendo assim, verificar os padrões alométricos entre indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* podem retratar características peculiares à ecologia destas espécies. Além de apresentarem formas geométricas similares, as diferenças alométricas indicam frequentemente dissimilaridades na dieta e comportamento de forrageio. Outro componente a ser considerado se refere à alta abundância dessas duas espécies na Reserva Biológica Guaribas. No Quadro 2 é apresentada uma compilação de trinta e cinco principais estudos em que foram usados parâmetros biológicos e morfológicos de morcegos neotropicais. Nota-se predominância de pesquisas usando a família Phyllostomidae.

**Quadro 2.** Compilação de trinta e cinco principais estudos realizados nos Neotrópicos sobre parâmetros biológicos e morfológicos de Microchiroptera (Phyllo=Phyllostomidae, Emballo=Emballonuridae, Nocti=Noctilionidae, Mormo=Mormoopidae, Nata=Natalidae, Thyro=Thyropteridae, Vesper=Vespertilionidae, Molo=Molossidae).

<b>Publicações</b>	<b>Microchiroptera: Famílias</b>
<b>Aguiar e Marinho-Filho (2007):</b> Bat frugivory in a remnant of Southeastern Brazilian Atlantic forest	Phyllo
<b>Aguirre (2007):</b> Historia natural, Distribución y Conservación de los murciélagos de Bolívia	Emballo, Nocti, Mormo, Phyllo, Nata, Thyro, Vesper e Molo
<b>Albrecht et al. (2007):</b> Differential mobility in two small phyllostomid bats, <i>Artibeus watsoni</i> and <i>Micronycteris microtis</i> , in a fragmented Neotropical landscape	Phyllo
<b>Aldridge e Rautenbach (1987):</b> Morphology, Echolocation and Resource Partitioning in Insectivorous Bats	Molo, Vesper
<b>Alencar (1977):</b> Aspectos biológicos e ecológicos do <i>Desmodus rotundus rotundus</i> , Chiroptera (E. Geoffroy, 1810) no nordeste do Brasil	Phyllo
<b>Aspetsberger et al. (2003):</b> Geographic variation in the morphology, echolocation and diet of the little free-tailed bat, <i>Chaerephon pumilus</i> (Molossidae)	Molo
<b>Bininda-Emonds e Russel (1992):</b> Minimization of potential problems associated with the morphometry of spirit-preserved bat wings	Vesper
<b>Birch (1997):</b> Comparing Wing Shape of Bats: The Merits of Principal-Components Analysis and Relative-Warp Analysis	Vesper, Molo
<b>Camargo e Oliveira (2012):</b> Sexual Dimorphism in <i>Sturnira lilium</i> (Chiroptera, Phyllostomidae): Can Pregnancy and Pup Carrying Be Responsible for Differences in Wing Shape?	Phyllo
<b>Carvalho (1961):</b> Sobre os hábitos alimentares de Phyllostomídeos (Mammalia, Chiroptera)	Phyllo

<b>Charles-Dominique (1991):</b> Feeding Strategy and Activity Budget of the Frugivorous Bat <i>Carollia perspicillata</i> (Chiroptera: Phyllostomidae) in French Guiana	Phyllo
<b>Díaz e Barquez (2002):</b> Los mamíferos de Jujuy, Argentina	Nocti, Phyllo, Vesper e Molo
<b>Giannini e Kalko (2004):</b> Trophic structure in a assemblage of phyllostomid bats in Panama	Phyllo
<b>Hedenstrom et al. (2009):</b> Bird or bat: comparing airframe design and flight performance	Phyllo
<b>Heffner et al. (2001):</b> Sound localization in a new-world frugivorous bat, <i>Artibeus jamaicensis</i> : Acuity, use of binaural cues, and relationship to vision	Phyllo
<b>Hermanson (1983):</b> Functional morphology and flight kinematics of <i>Artibeus jamaicensis</i> (Chiroptera, Phyllostomidae)	Phyllo
<b>Hixon et al. (2012):</b> Wing morphology, flights speeds and insights into niche structure in Caribbean bats from Dominica	Molo, Phyllo, Nata, Ptero
<b>Hollis (2005):</b> <i>Artibeus planirostris</i>	Phyllo
<b>Iriarte-Díaz et al. (2002):</b> Biomechanic consequences of differences in wing morphology between <i>Tadarida brasiliensis</i> and <i>Myotis chiloensis</i>	Molo, Vesper
<b>Kirkpatrick (1994):</b> Scale effects on the stresses and safety factors in the wing bones of birds and bats	Phyllo
<b>Lawlor (1973):</b> Aerodynamic Characteristics of Some Neotropical Bats	Molo, Phyllo, Vesper, Nocti e Thyro
<b>Leylek et al. (2008):</b> Analysis of bat wings for morphing	Nocti
<b>Mancina et al. (2012):</b> Wing morphology, echolocation, and resource partitioning in syntopic Cuban mormoopid bats	Mormo
<b>Moratelli e Oliveira (2011):</b> Morphometric and morphological variation in South American populations of <i>Myotis albescens</i> (Chiroptera: Vespertilionidae)	Vesper
<b>Norberg (1981):</b> Allometry of Bat Wings and Legs and Comparison with Bird Wings	Emballo, Nocti, Phyllo, Thyro, Vesper e Molo
<b>Norberg e Rayner (1987):</b> Ecological Morphology and Flight in Bats (Mammalia;Chiroptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging Strategy and Echolocation	Phyllo, Emballo, Nocti, Mormo, Nata, Thyro, Vesper e Molo
<b>Norberg e Norberg (2012):</b> Scaling of wingbeat frequency with body mass in bats and limits to maximum bat size	Emballo, Nocti, Mormo, Phyllo, Vesper e Molo
<b>Reis et al. (2013):</b> Morcegos do Brasil: guia de campo	Emballo, Phyllo, Mormo, Nocti, Furi, Thyro, Nata, Molo e Vesper

<b>Rodríguez-Durán e Padilla-Rodríguez (2008):</b> Blood Characteristics, Heart Mass, and Wing Morphology of Antillean Bats	Nocti, Molo e Phyllo
<b>Rui et al. (1999):</b> Distribuição geográfica e análise morfológica de <i>Artibeus lituratus</i> Olfers e de <i>Artibeus fimbriatus</i> Gray (Chiroptera, Phyllostomidae) no Rio Grande do Sul, Brasil	Phyllo
<b>Stern et al. (1997):</b> Seasonal wing loading and the ontogeny of flight in <i>Phyllostomus hastatus</i> (Chiroptera: Phyllostomidae)	Phyllo
<b>Stevens (2005):</b> Functional morphology meets macroecology: size and shape distributions of New World bats	Vesper e Phyllo,
<b>Stevens et al. (2013):</b> Absolute and Relative Secondary-Sexual Dimorphism in Wing Morphology: A Multivariate Test of the 'Big Mother' Hypothesis	Phyllo
<b>Stockwell (2001):</b> Morphology and flight manoeuvrability in New World leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae)	Phyllo
<b>Weinbeer e Kalko (2004):</b> Morphological characteristics predict alternate foraging strategy and microhabitat selection in the orange-Bellied bat, <i>Lamproncycteris brachyotis</i>	Phyllo

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo Geral

Analisar as relações morfométricas entre as variáveis relacionadas com o peso, asa e tibia de duas espécies de morcegos frugívoros (*Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*) que co-ocorrem na Reserva Biológica Guaribas.

### 3.2. Objetivos Específicos

1. Analisar diferenças intraespecífica e interespecífica nas medidas lineares de corpo entre os indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*.
2. Verificar as razões entre medidas morfométricas de fêmeas e de machos nas espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*.
3. Calcular os expoentes alométricos de regressões lineares relacionando medidas de tíbia, de asa e massa corporal. Assim como, comparar com os expoentes esperados pela isometria.
4. Comparar os expoentes alométricos de regressões lineares calculados para as espécies estudadas com os resultados observados por Norberg e Rayner (1987).
5. Avaliar quais parâmetros morfométricos são mais discriminantes para à separação de sexos e espécies.

## 4. HIPÓTESES

H<sub>0</sub> (hipótese nula) – As diferenças morfométricas encontradas entre indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* não diferem significativamente daquelas esperadas para um crescimento em que não há alteração de forma (isometria).

H<sub>1</sub>- As diferenças morfométricas encontradas entre indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* são significativamente diferentes daquelas esperadas para um crescimento isométrico. Essa hipótese pode ser subdividida em sub-hipóteses exemplificadas no Quadro 3.

**Quadro 3.** Hipóteses que possivelmente explicam super-alometrias ou sub-alometrias nas relações entre a massa corporal e as variáveis de asa e tíbia nos morcegos.

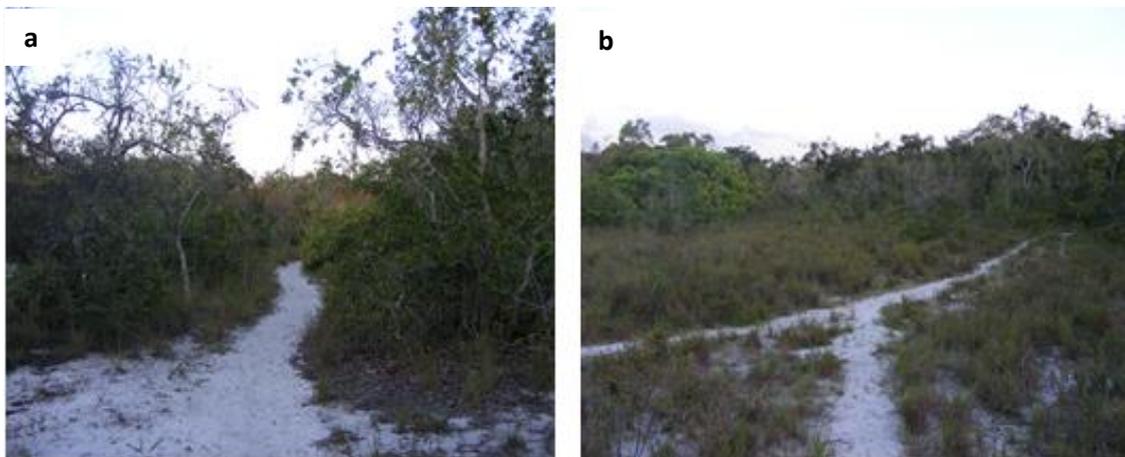
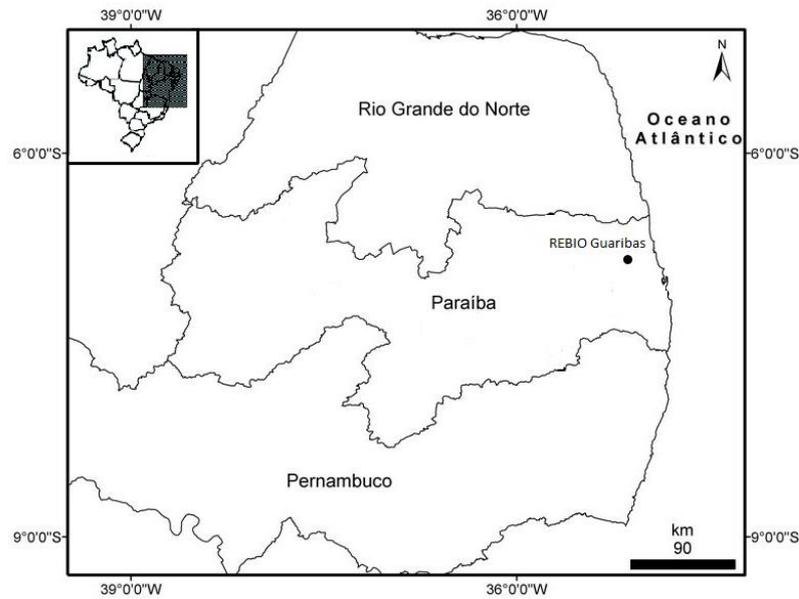
<b>Relação entre variáveis morfométricas</b>	<b>Relação Super-alométrica</b> (expoente observado maior que o esperado)	<b>Relação Sub-alométrica</b> (expoente observado menor que o esperado)
Massa corporal (Y) vs variáveis de asa (X)	<p>Padrão: a massa cresce mais <b>rápido</b> do que o esperado em relação à asa.</p> <p>Hipótese: Morcegos maiores precisam voar mais rápido e asas relativamente menores produzem menos atrito..</p>	<p>Padrão: a massa cresce mais <b>devagar</b> do que o esperado em relação à asa.</p> <p>Hipótese: Morcegos maiores precisam voar mais <b>devagar</b> e a asas maiores facilitam um vôo lento e planado.</p>
Massa corporal (Y) vs tíbia (X)	<p>Padrão: a massa cresce mais <b>rápido</b> do que o esperado em relação à tíbia.</p> <p>Hipótese: pelo fato de o morcego não utilizar as pernas para locomoção ele não necessita investir muitos recursos no crescimento da tíbia.</p>	<p>Padrão: a massa cresce mais <b>devagar</b> do que o esperado em relação à tíbia.</p> <p>Hipótese: a tíbia precisa crescer mais rápido do que o esperado para sustentar a massa corporal do morcego.</p>
Razão de Aspecto (Y) vs massa corporal (X)	<p>Padrão: a razão do aspecto aumenta com o aumento da massa corporal.</p> <p>Hipótese: morcegos maiores possuem asas com formato <b>mais</b> estreito (maior razão do aspecto) o que favorece vôo mais rápido.</p>	<p>Padrão: a razão do aspecto diminui com o aumento da massa corporal.</p> <p>Hipótese: morcegos maiores possuem asas com formato <b>menos</b> estreito (menor razão do aspecto) o que favorece vôo mais lento.</p>

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Área de Estudo

A Reserva Biológica Guaribas se localiza na Mesorregião da Mata Paraibana e na Microrregião do Litoral Norte (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2003), a aproximadamente 52 km de João Pessoa, compreendendo 4.029ha de florestas entre os municípios de Mamanguape e Rio Tinto (BARBOSA *et al.*, 2011). Segundo Pereira e Barbosa (2004), a Unidade de Conservação é formada por três áreas distintas: SEMA I (674ha), possui manchas de cerrado (áreas abertas de solo arenoso, conhecida na região como tabuleiros) e remanescentes de Mata Atlântica; SEMA II (3016ha), predominantemente formada por vegetação de Mata Atlântica; e SEMA III (339ha), que apresenta trechos bem conservados de floresta nativa e tabuleiros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As' (Tropical Quente e Úmido) (FRANCISCO, 2010), com estação chuvosa de fevereiro a julho e estação seca de setembro a dezembro (DARRAULT e SCHLINDWEIN, 2002). As temperaturas médias anuais variam na faixa de 24-26°C, cujos meses mais quentes, dezembro e fevereiro, possuem temperaturas médias mais elevadas, entre 28°C e 30°C (BARBOSA *et al.*, 2011).

As coletas foram conduzidas em área de Tabuleiro (SEMA II) (6°44'S, 35°08'W) (Figura 1) entre junho e outubro de 2013. Tais tabuleiros estendem-se sobre planícies arenosas (OLIVEIRA-FILHO e CARVALHO, 1993), nos quais ocorrem árvores e arbustos esparsos ou agrupados em manchas, além de densa vegetação herbácea (DARRAULT e SCHLINDWEIN, 2002), como por exemplo, *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Harconia speciosa* (mangabeira), *Curatella americana* (cajueiro bravo) e *Melocactus depressus* (coroa de frade) (IBAMA, 2003).



**Figura 1.** Localização da Unidade de Conservação no mapa. Abaixo é mostrada a área de Tabuleiro (a,b), na Reserva Biológica Guaribas.

## 5.2. Amostragem de Quirópteros e Definição das Medidas Morfológicas

Foram utilizadas cinco redes de neblina (7m x 2.5m, malha 36mm) durante 24 noites em trilhas e possíveis rotas de vôo dos morcegos (BIANCONI *et al.*, 2004; ESBÉRARD e BERGALLO, 2008; ORTÊNCIO FILHO e REIS, 2009). As redes foram montadas no sub-bosque ao nível do solo (0-3 m) (BARNETT *et al.*, 2006; CRUZ *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2009; FEIJÓ *et al.*, 2010).

As coletas foram realizadas em noites com a Lua em diferentes fases (ESBÉRARD, 2006; BRITO *et al.*, 2010). Após as capturas, os morcegos foram acondicionados em sacos de pano (ALENCAR, 1977; ESBÉRARD *et al.*, 2000; ALTHOFF, 2007; AGUIAR e MARINHO-FILHO, 2007; GREGORIN *et al.*, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2011) e levados a laboratório para tomada dos dados biológicos e morfométricos, onde foram anotados dados de idade, sexo, estado reprodutivo, antebraço e massa corporal. Adultos não reprodutivos foram distinguidos de subadultos com base na presença de placas epifisárias cartilaginosas alongadas nas falanges e metacarpos (DUARTE e TALAMONI, 2010).

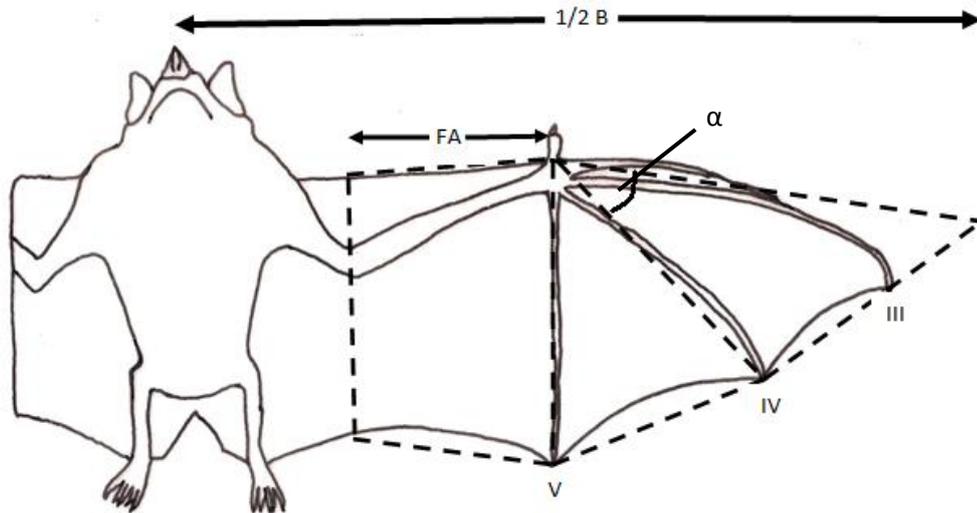
A massa corporal foi aferida com balança eletrônica, aproximação de 0.01g. O comprimento de antebraço foi medido com paquímetro de 0.1mm de precisão. Os dígitos (iii, iv e v), tíbia e envergadura foram medidos com régua milimétrica (0.5mm de precisão). Somente adultos foram usados nas análises, exceto fêmeas grávidas (AESHITA *et al.*, 2006). Todos os morcegos capturados foram liberados no sítio de captura depois de examinados (ALDRIDGE e RAUTENBACH, 1987; VOIGT, 2013).

A marcação dos indivíduos foi realizada através de coleiras (abraçadeiras) providas de cilindros coloridos (Figura 2) segundo código previamente estabelecido (0-verde claro, 1-vermelho, 2-branco, 3-azul, 4-rosa, 5-verde escuro, 6-cinza, 7-verde e amarelo, 8-preto e 9-amarelo) (ESBÉRARD e DAEMON, 1999) e esparadrapo no final da sequência para diferenciar da marcação utilizada por grupos de pesquisa que trabalharam na área em momentos anteriores.



**Figura 2.** Marcação pelo método de colar de indivíduo adulto da espécie *Artibeus cinereus*.

A “Superfície Alar” (‘lifting surface area – LSA’) foi determinada pela combinação das figuras geométricas que compõem as asas (BININDA-EMONDS e RUSSEL, 1992) como representadas na Figura abaixo.



**Figura 3.** Modificado de Bininda-Emonds e Russell (1993). Os dígitos são mostrados em algarismos romanos; antebraço e envergadura ilustrados, como FA e B, respectivamente. O ângulo  $\alpha$  segue à definição de Smith-Starret (1979).

O cálculo da Superfície Alar (LSA) foi realizado a partir da equação apresentada abaixo (modificado de Smith e Starret (1979)) (BININDA-EMONDS e RUSSEL, 1993).

$$LSA = 2[(FA \times V) + \frac{1}{2}(\cos(\alpha) \times III \times IV) + \frac{1}{2}(\sin(\alpha) \times IV \times V)]$$

Onde:

LSA = Superfície Alar

FA = Antebraço

III = Medida do terceiro dígito

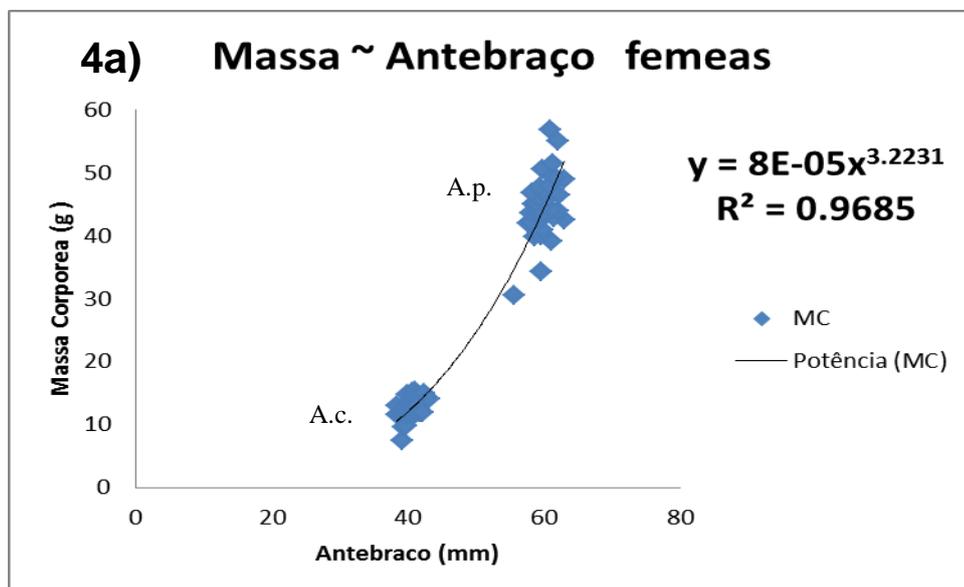
IV = Medida do quarto dígito

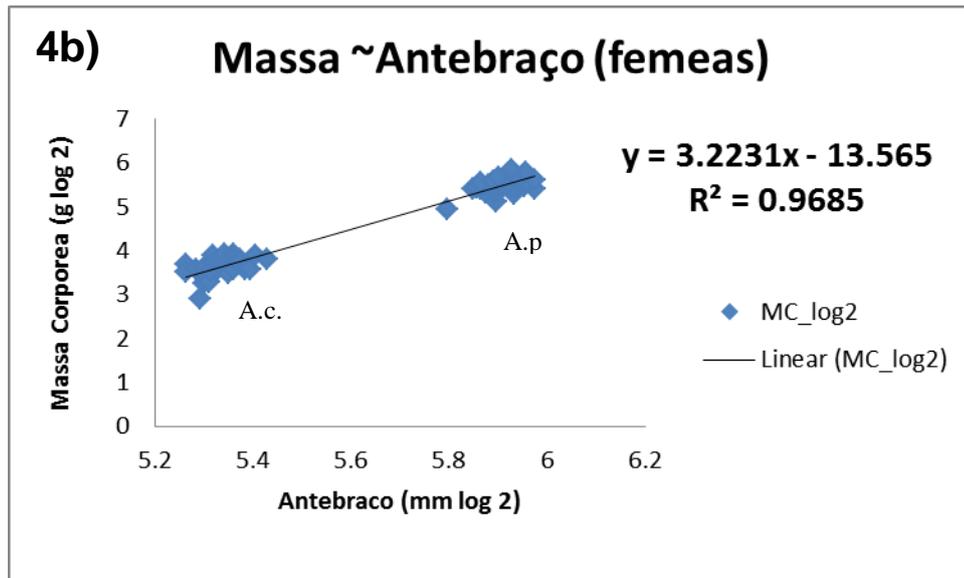
V = Medida do quinto dígito

$\alpha = \arctan (IV/III)$

### 5.3. Análises Estatísticas

As análises estatísticas assumiram o nível de significância de 5% (valor de referência na literatura) (AGOSTA *et al.*, 2005; WEINBEER e MEYER, 2006; ALMEIDA e CRUZ-NETO, 2011). Os dados foram logaritmizados (“linearizados”) para serem analisados através de uma regressão linear (o efeito da transformação em logaritmo pode ser visto no exemplo da Figura 4). O coeficiente de inclinação (“slope”) dos dados logaritmizados equivale ao expoente alométrico desses mesmos dados antes da transformação em logaritmo (Figura 4).





**Figura 4.** Relação entre a Massa Corporal (y) e o comprimento do antebraço (x) de 67 morcegos fêmeas das espécies *Artibeus planirostris* (A.p.) e *Artibeus cinereus* (A.c.). Na figura 4a foram usados os dados brutos e na figura 4b os mesmos dados foram transformados em Log 2.

Foram realizadas regressões lineares entre as medidas logaritmizadas (log 2) (67 indivíduos fêmeas e 51 machos das espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*) da massa corporal, medidas lineares (antebraço, envergadura, terceiro dígito, quarto dígito, quinto dígito e tibia), superfície alar, razão do aspecto e carga alar. Os expoentes das regressões foram calculados usando regressões do tipo SMA, no programa R (versão 2.15.0) através do pacote 'smatr' para se testar diferenças em relação aos expoentes esperados (expoentes isométricos). O SMA ("Standardised Major Axis") é um dos métodos de análise de regressão mais utilizados em estudos alométricos (HOFMAN, 1988; GUO *et al.*, 2012; TASKINEN e WARTON, 2013), no qual não é possível determinar a variável de causa ou efeito, ao contrário da tradicional regressão OLS ("Ordinary Least Squares"), em que a variável do eixo X é considerada como a causa da variação no eixo Y.

Três categorias de relações alométricas foram consideradas na comparação entre os expoentes esperados e observados: 1) Não existe diferença entre o expoente observado e esperado (isometria); 2) O expoente observado é maior que o esperado (super-alometria); 3) O expoente observado é menor do que o esperado (sub-alometria).

Foram comparados os expoentes das regressões realizadas neste trabalho com os equivalentes às regressões utilizadas por Norberg e Rayner (1987) para subordem Microchiroptera, família Phyllostomidae e subfamília Stenodermatinae

.A análise discriminante foi utilizada para verificar padrões e diferenças na separação entre os sexos e as espécies em relação às medidas lineares (tíbia e ossos das asas) brutas e relativizadas pela envergadura. A partir das medidas lineares de asa e tíbia relativizadas pela envergadura foram realizados testes de Kruskal-Wallis para cada variável relativa agrupada por sexo/espécie.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Morfometria de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*

A Anova Multiway para cada medida morfométrica, agrupada por espécie e sexo, evidenciou diferenças significativas entre *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* em todas as medidas lineares analisadas ( $p < 0.001$ ) (Tabela 1). Entre os sexos foram observadas diferenças significativas para todas as medidas mostradas na Tabela 1, exceto, comprimento da tíbia. As fêmeas nas duas espécies apresentaram tamanhos significativamente maiores que machos em relação às medidas dos dígitos, antebraço, envergadura e superfície alar.

**Tabela 1.** Média ( $\pm$ DP) das medidas morfométricas brutas de tamanho de corpo de machos (m) e fêmeas (f) das espécies *Arctibeus cinereus* e *Arctibeus planirostris*. Os asteriscos indicam o grau de significância dos fatores sexo e espécie em uma nova fatorial (\* $<0.05$ , \*\* $<0.01$ , \*\*\* $<0.001$ ).

Parâmetros	<i>A. planirostris</i>		<i>A. cinereus</i>		Valor de F	
	m (n=30)	f (n=35)	m (n=21)	f (n=32)	Sexo	Espécie
Massa Corporal (g)	41.40 $\pm$ 3.66	44.79 $\pm$ 5.06	12.16 $\pm$ 0.83	12.61 $\pm$ 1.68	10.6095**	2327.6901****
Antebraço (mm)	58.86 $\pm$ 1.99	60.00 $\pm$ 1.57	39.67 $\pm$ 1.09	40.52 $\pm$ 1.10	12.8798****	4752.0290****
Envergadura (mm)	423.66 $\pm$ 12.35	432.94 $\pm$ 11.27	294.70 $\pm$ 9.69	300.70 $\pm$ 7.41	16.2813****	4597.4038****
Tíbia (mm)	21.93 $\pm$ 0.89	22.34 $\pm$ 1.38	14.03 $\pm$ 0.79	14.18 $\pm$ 0.63	2.4396 n.s.	1883.4304****
Digito 3 (mm)	115.98 $\pm$ 3.69	118.64 $\pm$ 2.74	81.07 $\pm$ 2.68	84.04 $\pm$ 3.01	23.8379****	3701.6239****
Digito 4 (mm)	87.00 $\pm$ 2.76	88.60 $\pm$ 2.54	59.90 $\pm$ 1.73	61.54 $\pm$ 2.07	13.5516****	3822.1677****
Digito 5 (mm)	79.41 $\pm$ 2.66	81.54 $\pm$ 2.23	57.50 $\pm$ 2.04	58.81 $\pm$ 1.76	18.5170****	2991.3359****
Superfície Alar (cm <sup>2</sup> )	215.86 $\pm$ 12.8	225.42 $\pm$ 10.8	105.23 $\pm$ 5.86	110.87 $\pm$ 6.17	18.9736****	3966.3032****

Quando comparados indivíduos do mesmo sexo, a maior diferença entre as razões das duas espécies foi entre a razão dos pesos, seguida pela superfície da asa e medidas lineares (Tabela 2). De todas as medidas lineares, a tíbia foi o parâmetro que apresentou a maior diferença relativa entre as duas espécies. A razão das médias da maioria das medidas lineares do corpo nos indivíduos de *Artibeus planirostris* com *Artibeus cinereus* variou entre 1.3 e 1.4 (aumento de 30 a 40%), enquanto que para a tíbia se observou o valor de aproximadamente 1.5 (o que indica que em média a tíbia de *Artibeus planirostris* é cerca de 50% maior que a tíbia de *Artibeus cinereus*).

**Tabela 2.** Razões das médias de medidas morfométricas entre indivíduos machos (m) e fêmeas (f) de *Artibeus planirostris* (A.p.) e *Artibeus cinereus* (A.c.).

Parâmetros	A.p. (n=30)/A.c. (n=21) (♂)	A.p. (n=35)/ A.c. (n=32) (♀)
Massa Corporal	41.40/12.16 = 3.40	44.79/12.61 = 3.55
Antebraço	58.86/39.67 = 1.48	60.00/40.52 = 1.41
Envergadura	423.66/294.70 = 1.43	432.94/300.70 = 1.43
Tíbia	21.93/14.03 = 1.56	22.34/14.18 = 1.57
Dígito 3	115.98/81.07 = 1.43	118.64/84.04 = 1.41
Dígito 4	87.00/59.90 = 1.45	88.60/61.54 = 1.43
Dígito 5	79.41/57.50 = 1.38	81.54/58.81 = 1.38
Superfície Alar	215.86/105.23 = 2.05	225.42/110.87 = 2.03

## 6.2. Expoentes Alométricos das Regressões Lineares (massa corporal, tíbia e medidas de asa) nas espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*

Foram realizadas 70 regressões, separadas em cinco categorias: 1. somente indivíduos de *Artibeus planirostris*; 2. somente indivíduos de *Artibeus cinereus*; 3. indivíduos machos das duas espécies; 4. Indivíduos fêmeas das duas espécies; 5. indivíduos das duas espécies sem separação entre os sexos. Para cada categoria foram feitas as mesmas 14 regressões. Os resultados destas regressões se encontram detalhados na Tabela 3 e um resumo dos padrões encontrados é apresentado na Tabela 4.

O padrão geral encontrado nas regressões (Tabela 5) foi de relações super-alométricas entre a massa corporal ( $Y$ ) e as medidas relacionadas à asa (um exemplo gráfico de uma dessas relações super-alométricas pode ser visto nas figuras 5a e 5b). O que indica que a massa cresceu mais rápido do que o esperado isometricamente em relação às medidas de asa.

As medidas de asa ( $Y$ ), por outro lado, apresentaram relações sub-alométricas com a tíbia ( $X$ ) (um exemplo gráfico de uma dessas relações pode ser visto na figura 5c). O que indica que as medidas de asa cresceram mais devagar do que a tíbia (Tabela 4). As regressões realizadas entre indivíduos das duas espécies apresentaram mais resultados significativamente diferentes do esperado pela isometria do que as regressões feitas entre indivíduos da mesma espécie (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 3.** Regressão linear (Standardized Major Axis, SMA) entre parâmetros morfológicos (transformados para log 2) de machos e fêmeas das espécies *A. planirostris* e *A. cinereus*. Expoente alométrico ( $\pm$ Int. Conf. 95%) da relação entre as variáveis (var) (MC = massa corporal; ANT = antebraço; D3 = terceiro dedo; D4 = quarto dedo; D5 = quinto dedo; TIBIA = tíbia; ENV = envergadura; SUPALAR = superfície alar; AR = razão do aspecto; C.ALAR = carga alar) (um resumo dos padrões encontrados nessa tabela é apresentado na tabela 4). O p-value corresponde a significância do teste de diferença entre os expoentes observado e esperado.

**Tabela 3a.** Comparação entre indivíduos de *Artibeus cinereus* (n=53) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).

Var "X"~ Var "Y"	Expoente esperado	Expoente observado (Int. conf.)	p-value	Dif. esperado
ANT~MC	3	4.17(3.23-5.37)	0.0019	Sup
D3~MC	3	3.11(2.36-4.09)	0.3564	n.s.
D4~MC	3	3.52(2.72-4.56)	0.0059	n.s.
D5~MC	3	3.55(2.78-4.55)	0.0005	n.s.
ENV~MC	3	4.07(3.17-5.22)	0.0009	Sup
TIBIA~MC	3	2.43(1.85-3.19)	0.2602	n.s.
SUPALAR~MC	1.5	1.97(1.53-2.55)	0.0037	Sup
TIBIA~ANT	1	0.58(0.46-0.74)	0.0001	Sub
TIBIA~D3	1	0.78(0.59-1.02)	0.0241	n.s.
TIBIA~D4	1	0.69(0.53-0.90)	0.0312	Sub
TIBIA~D5	1	0.68(0.53-0.89)	0.0086	Sub
TIBIA~ENV	1	0.59(0.47-0.76)	0.0000	Sub
MC~AR	0	0.28(0.21-0.37)	0.6421	Sup
MC~C.ALAR	0.333	0.93(0.80-1.07)	0.0000	Sup

**Tabela 3b.** Comparação entre indivíduos de *Artibeus planirostris* (n=65) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).

Var "X"~ Var "Y"	Expoente esperado	Expoente observado (Int. conf.)	p-value	Dif. esperado
ANT~MC	3	3.51(2.81-4.38)	0.0001	n.s.
D3~MC	3	3.72(2.93-4.73)	0.0233	n.s.
D4~MC	3	3.53(2.79-4.46)	0.0072	n.s.
D5~MC	3	3.34(2.63-4.23)	0.0145	n.s.
ENV~MC	3	3.76(2.99-4.72)	0.0006	n.s.
TIBIA~MC	3	2.02(1.59-2.55)	0.0037	Sub
SUPALAR~MC	1.5	1.91(1.51-2.40)	0.0024	Sup
TIBIA~ANT	1	0.57(0.45-0.73)	0.0134	Sub
TIBIA~D3	1	0.54(0.42-0.69)	0.3943	Sub
TIBIA~D4	1	0.57(0.45-0.73)	0.0539	Sub
TIBIA~D5	1	0.60(0.47-0.77)	0.0571	Sub
TIBIA~ENV	1	0.54(0.42-0.68)	0.1879	Sub
MC~AR	0	0.38(0.29-0.49)	0.6129	Sup
MC~C.ALAR	0.333	0.94(0.83-1.07)	0.0000	Sup

**Tabela 3c.** Comparação entre espécies (sem separação por sexo) (n=118) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).

Var "X"~ Var "Y"	Expoente esperado	Expoente observado (Int. conf.)	p-value	Dif. Esperado
ANT~MC	3	3.19(3.09-3.30)	0.0000	Sup
D3~MC	3	3.57(3.42-3.73)	0.0000	Sup
D4~MC	3	3.40(3.28-3.53)	0.0000	Sup
D5~MC	3	3.84(3.69-3.99)	0.0000	Sup
ENV~MC	3	3.45(3.34-3.57)	0.0000	Sup
TÍBIA~MC	3	2.75(2.62-2.87)	0.0000	Sub
SUPALAR~MC	1.5	1.76(1.69-1.82)	0.0000	Sup
TIBIA~ANT	1	0.86(0.82-0.89)	0.0000	Sub
TIBIA~D3	1	0.77(0.73-0.81)	0.0000	Sub
TIBIA~D4	1	0.81(0.77-0.84)	0.0000	Sub
TIBIA~D5	1	0.71(0.68-0.75)	0.0000	Sub
TIBIA~ENV	1	0.79(0.76-0.83)	0.0000	Sub
MC~AR	0	0.06(0.05-0.07)	0.0363	Sup
MC~C.ALAR	0.333	0.46(0.44-0.48)	0.0000	Sup

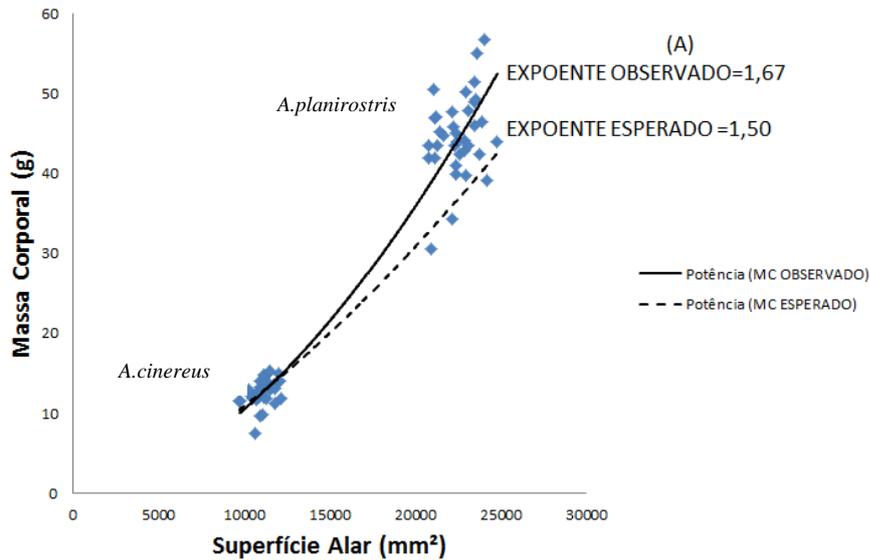
**Tabela 3d.** Comparação entre espécies (separadas por sexo: machos (m) (n = 51), fêmeas (f) (n = 67)) (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).

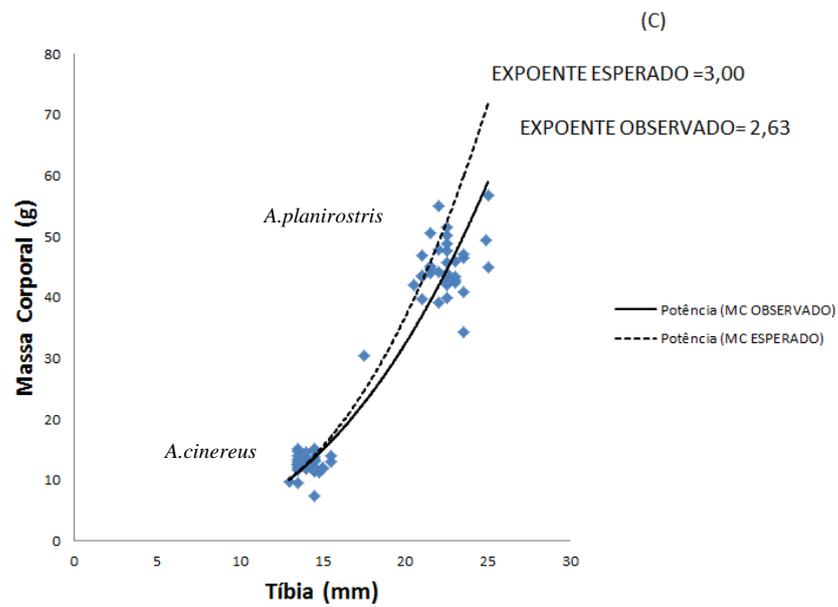
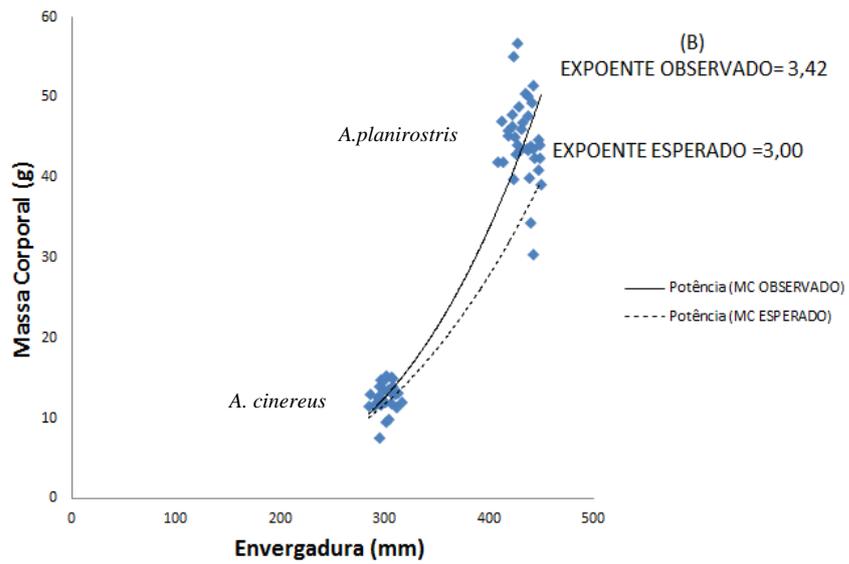
Var "X"~ Var "Y"	Expoente esperado	m	m	f	f	Dif. Esperado
ANT~MC	3	3.09(2.94-3.25)	n.s.	3.28(3.13-3.42)	Sup	n.s.
D3~MC	3	3.39(3.20-3.59)	Sup	3.70(3.48-3.94)	Sup	n.s.
D4~MC	3	3.27(3.12-3.42)	Sup	3.51(3.32-3.71)	Sup	n.s.
D5~MC	3	3.74(3.52-3.97)	Sup	3.91(3.71-4.12)	Sup	n.s.
ENV~MC	3	3.35(3.19-3.52)	Sup	3.53(3.36-3.70)	Sup	n.s.
TIBIA~MC	3	2.70(2.53-2.88)	Sub	2.78(2.61-2.97)	Sub	n.s.
SUPALAR~MC	1.5	1.70(1.62-1.78)	Sup	1.81(1.72-1.90)	Sup	n.s.
TIBIA~ANT	1	0.87(0.82-0.93)	Sub	0.85(0.81-0.89)	Sub	n.s.
TIBIA~D3	1	0.80(0.74-0.86)	Sub	0.75(0.71-0.80)	Sub	n.s.
TIBIA~D4	1	0.83(0.77-0.89)	Sub	0.79(0.75-0.84)	Sub	n.s.
TIBIA~D5	1	0.72(0.67-0.78)	Sub	0.71(0.67-0.76)	Sub	n.s.
TIBIA~ENV	1	0.81(0.75-0.86)	Sub	0.79(0.74-0.83)	Sub	n.s.
MC~AR	0	0.07(0.05-0.09)	Sup	0.06(0.05-0.07)	Sup	n.s.
MC~C.ALAR	0.333	0.43(0.40-0.46)	Sup	0.47(0.44-0.50)	Sup	n.s.

**Tabela 4.** Tabela resumida (a partir dos dados apresentados na tabela 3 das principais relações alométricas entre massa corporal e tíbia (y) e as medidas relacionada a asa (Dedo 3, Dedo 4, Dedo 5, Antebraço, Superfície Alar, Envergadura, Carga Alar e Razão do Aspecto) (x) utilizando diferentes subgrupos comparativos. Números entre parênteses com e sem asteriscos representam o número de correlações que foram significativas e não significativas, respectivamente, para cada conjunto de correlações, (Sup=super-alométrico; Sub=sub-alométrico).

Regressões	<i>A. cinereus</i>	<i>A. planirostris</i>	2 spp (♂-♀)	2 spp (♀)	2 spp (♂)
<b>M. corporal (Y) vs. Med. de asa</b>	Sup (3,3*)	Sup (5,1*)	Sup (6*)	Sup (6*)	Sup (1,5*)
<b>Tíbia (Y) vs Med. de asa</b>	Sub (1,4*)	Sub (5*)	Sub (5*)	Sub (5*)	Sub (5*)
<b>Tíbia (Y) vs M. corporal</b>	Sub (1)	Sub (1*)	Sub (1*)	Sub (1*)	Sub (1*)

Na Figura 5, são apresentados três exemplos de gráficos de Dispersão que exemplificam a relação das medidas lineares do corpo (tíbia e envergadura) e superfície alar com a massa corporal de indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*, onde se representam as curvas com os valores dos expoentes observados e esperados.





**Figura 5.** Alometrias observadas (—) e esperadas (- - -) para fêmeas das duas espécies estudadas (n= 67). A ilustração acima apresenta a relação da massa corporal com a superfície alar (A), envergadura (B) e tíbia (C), respectivamente.

### 6.3. Comparação das alometrias de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* com dados da literatura de morcegos (Norberg e Rayner, 1987)

Quando comparamos os resultados das análises de regressão encontrados para os dados reunindo indivíduos das duas espécies no presente estudo com os resultados de 4 regressões similares apresentados no trabalho de Norberg e Rayner (1987) (das nossas catorze regressões somente quatro foram utilizadas nesse trabalho), verificamos que a maior parte dos resultados encontrados em Norberg e Rayner (1987) foi não significativo. No presente estudo, o padrão encontrado foi inverso já que todas as quatro regressões diferiram significativamente dos expoentes esperados pela isometria (Tabela 5).

**Tabela 5.** Expoentes alométricos calculados para 118 indivíduos adultos das espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* comparados com os resultados observados por Norberg e Rayner (1987), para os microquirópteros (n=208), filostomídeos (n=35) e estenodermatíneos (n=9) (MC = massa corporal; ENV = envergadura; SUPALAR = superfície alar; AR = razão do aspecto; C.ALAR = carga alar). O asterisco (\*) indica diferenças significativas entre as amostras analisadas (sup=super-alométrico, sub=sub-alométrico).

Var "X"~Var "Y"	Expoente esperado	2 spp. (n=118)	Norberg e Rayner (1987)		
			Microchiroptera	Phyllostomidae	Stenodermatinae
MC~ENV	0.333	0.28*(sub)	0.332 n.s.	0.355 n.s.	0.358 n.s.
MC~SUPALAR	0.667	0.56*(sub)	0.614*(sub)	0.709 n.s.	0.708 n.s.
MC~AR	0	0.06*(sup)	0.209*(sup)	0.151 n.s.	-0.050 n.s.
MC~C.ALAR	0.333	0.46*(sup)	0.541*(sup)	0.372 n.s.	0.400 n.s.

### 6.4. Análise das medidas brutas (tíbia e ossos das asas) e medidas relativizadas pela envergadura entre indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*

A análise discriminante conseguiu separar machos e fêmeas de *Artibeus planirostris* usando os dados brutos de forma significativamente melhor do que o acaso (Wilks' Lambda: .77470 approx. F (5,59)=3.4317 p< .0087). Porém, nenhuma das características foi individualmente significativa (Tabela 6).

**Tabela 6.** Análise Discriminante de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas de *Artibeus planirostris*, na qual foram usadas medidas da tíbia, antebraço e dígitos (Wilks' Lambda: .77470 approx.  $F(5,59) = 3.4317$   $p < .0087$ ).

Parâmetros	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove – (1.59)	p-level
Tíbia	0.788024	0.983090	1.014828	0.317863
Antebraço	0.777672	0.996177	0.226446	0.635929
Dígito três	0.813171	0.952689	2.930001	0.092200
Dígito quatro	0.821211	0.943361	3.542318	0.064757
Dígito cinco	0.809512	0.956994	2.651354	0.108791

A capacidade do modelo com dados brutos para discriminar entres os sexos foi de 69% (19% maior do que o esperado por acaso, 50% de chance de acertar o sexo por acaso) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Matriz de Classificação usando dados brutos de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas da espécie *Artibeus planirostris*.

Sexo	Percent - Correct	f - p= .53846	m - p= .46154
F	80.00000	28	7
M	56.66667	13	17
Total	69.23077	41	24

Nos dados relativizados pela envergadura a Análise Discriminante não encontrou diferença significativa entre machos e fêmeas de *Artibeus planirostris* (Wilks' Lambda: .92652 approx.  $F(5,59) = .93588$   $p < .4645$ ) (Tabela 8).

**Tabela 8.** Análise Discriminante de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas de *Artibeus planirostris* usando medidas de asa e tíbia relativizadas pela envergadura (Wilks' Lambda: .92652 approx. F (5,59)=.93588 p< .4645).

Parâmetros	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove – (5,59)	p-level
Tíbia rel.	0.926686	0.999817	0.010817	0.917517
Antebraço rel.	0.930105	0.996142	0.228514	0.634395
Dígito três rel.	0.928357	0.998017	0.117204	0.733304
Dígito quatro rel.	0.969999	0.955173	2.768917	0.101414
Dígito cinco rel.	0.978545	0.946830	3.313171	0.073800

A capacidade do modelo com dados brutos para discriminar entre os sexos foi de 61% (11% maior do que o esperado por acaso, 50% de chance de acertar o sexo por acaso) (Tabela 9).

**Tabela 9.** Matriz de Classificação de 30 indivíduos machos e 35 fêmeas de *Artibeus planirostris* usando medidas de asa e tíbia relativizadas pela envergadura.

Sexo	Percent – Correct	f - p= .53846	m - p= .46154
F	71.42857	25	10
M	50.00000	15	15
Total	61.53846	40	25

A análise conseguiu discriminar machos e fêmeas de *Artibeus cinereus* usando os dados brutos de forma significativamente melhor do que o acaso (Wilks' Lambda: .75074 approx.  $F(5,47)=3.1210$   $p < .0163$ ). Entretanto, nenhuma das características foi individualmente significativa (Tabela 10).

**Tabela 10.** Análise Discriminante utilizando dados brutos de 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de *Artibeus cinereus* (Wilks' Lambda: .75074 approx.  $F(5,47)=3.1210$   $p < .0163$ ).

Parâmetros	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove – (1.47)	p-level
Tíbia	0.764208	0.982375	0.843216	0.363167
Antebraço	0.787295	0.953568	2.288546	0.137028
Dígito três	0.813017	0.923399	3.898891	0.054210
Dígito quatro	0.751689	0.998737	0.059418	0.808479
Dígito cinco	0.757852	0.990615	0.445274	0.507851

A capacidade do modelo com dados brutos para discriminar entres os sexos foi de 70% (20% maior do que o esperado por acaso, 50% de chance de acertar o sexo por acaso) (Tabela 11).

**Tabela 11.** Matriz de Classificação utilizando dados brutos de 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de *Artibeus cinereus*.

Sexo	Percent – Correct	f - p= .60377	m - p= .39623
F	81.25000	26	6
M	52.38095	10	11
Total	69.81132	36	17

Os dados relativizados pela envergadura da Análise Discriminante não encontrou diferença significativa entre machos e fêmeas de *Artibeus cinereus* (Wilks' Lambda: .92652 approx.  $F(5,59)=.93588$   $p < .464$  Wilks' Lambda: .91731 approx.  $F(5,47)=.84732$   $p < .52335$ ) (Tabela 12)

**Tabela 12.** Análise Discriminante usando dados relativizados pela envergadura de 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de *Artibeus cinereus* (Wilks' Lambda: .91731 approx. F (5,47)=.84732 p< .5233).

Parâmetros	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove – (1,47)	p-level
Tíbia rel.	0.932287	0.983938	0.767230	0.385530
Antebraço rel.	0.918869	0.998306	0.079762	0.778860
Dígito três rel.	0.966084	0.949517	2.498871	0.120635
Dígito quatro rel.	0.917412	0.999892	0.005093	0.943410
Dígito cinco rel.	0.918637	0.998559	0.067834	0.795655

A capacidade do modelo com dados brutos para discriminar entre os sexos foi de 62% (12% maior do que o esperado por acaso, 50% de chance de acertar o sexo por acaso) (Tabela 13).

**Tabela 13.** Matriz de Classificação de dados brutos usando 21 indivíduos machos e 32 indivíduos fêmeas de *Artibeus cinereus*.

Sexo	Percent – Correct	f - p= .60377	m - p= .39623
F	90.62500	29	3
M	19.04762	17	4
Total	62.26415	46	7

A Análise Discriminante entre as duas espécies, em que utilizamos os dados brutos mostrou um poder de discriminação altamente significativo entre as duas espécies (Wilks' Lambda: .02059 approx. F (5,112)=1065.6 p<0.0000) e 100% de capacidade de discriminação. Todos os ossos medidos se mostraram significativamente importantes na discriminação entre as espécies exceto o dedo 4 (Tabela 14).

**Tabela 14.** Análise Discriminante utilizando medidas brutas de tíbia e ossos das asas de indivíduos das espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* (Wilks' Lambda: .02059 approx. F (5,112)=1065.6 p<0.0000).

Parâmetros	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove – (1.47)	p-level
Tíbia	0.022781	0.903719	11.93229	0.000780
Antebraço	0.024762	0.831409	22.71103	0.000006
Dígito três	0.021582	0.953903	5.41233	0.021794
Dígito quatro	0.020999	0.980423	2.23642	0.137605
Dígito cinco	0.021576	0.954192	5.37678	0.022221

A Análise Discriminante entre as duas espécies utilizando os dados relativizados pela envergadura mostrou um poder de discriminação altamente significativo, entretanto, não tão forte quanto os dados brutos (Wilks' Lambda: .21412 approx. F (5,112)=82.217 p<0.0000) (ver tabela 13). Todas as medidas estandardizadas se mostraram significativamente importantes na discriminação entre as espécies, exceto, o terceiro dígito (Tabela 15).

**Tabela 15.** Análise Discriminante entre as duas espécies (n = 118) usando medidas de tíbia e ossos das asas relativizadas pela envergadura (Wilks' Lambda: .21412 approx. F (5,112)=82.217 p<0.0000).

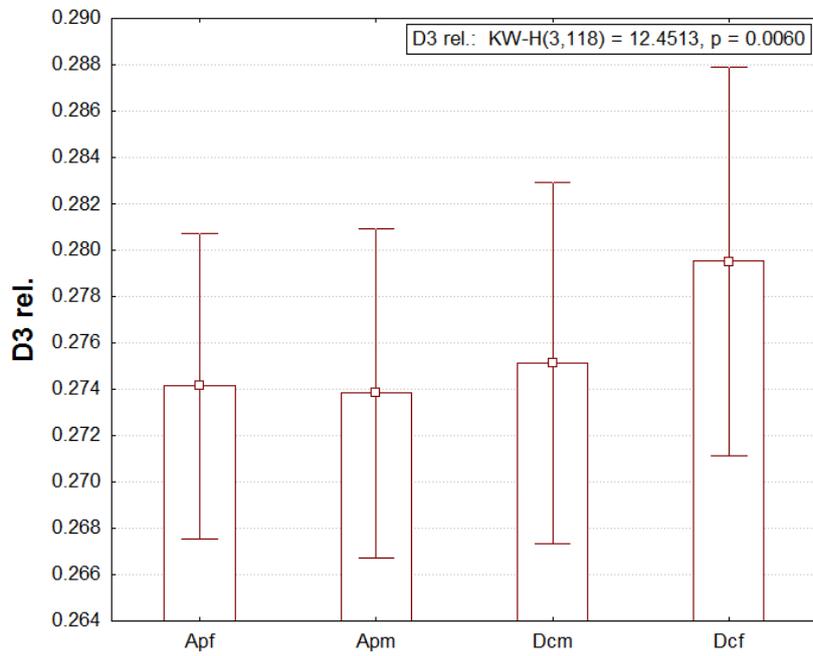
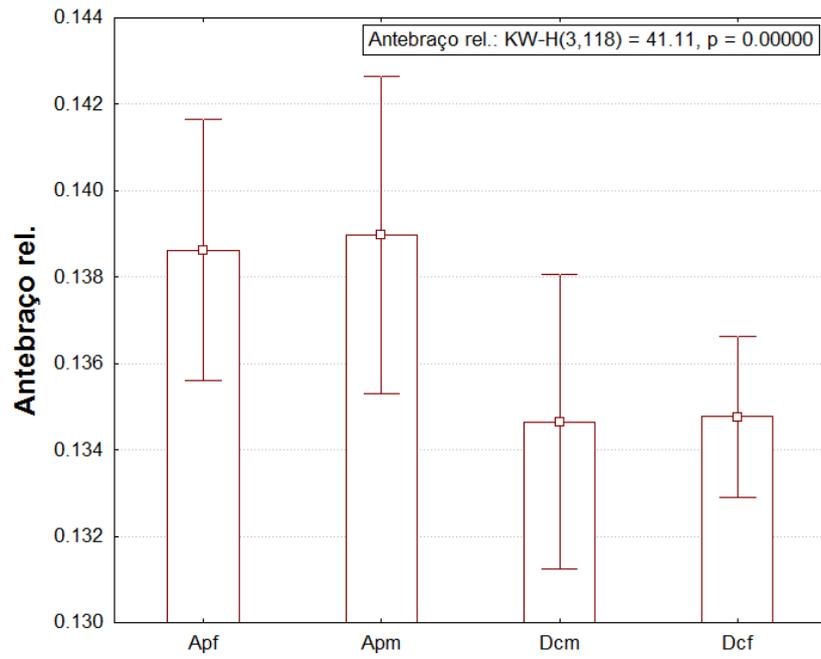
Parâmetros	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove – (1.112)	p-level
Tíbia rel	0.237565	0.901290	12.2663	0.000664
Antebraço rel	0.245515	0.872105	16.4249	0.000094
Dígito três rel	0.218283	0.980908	2.1800	0.142623
Dígito quatro rel	0.276356	0.774780	32.5572	0.000000
Dígito cinco rel	0.471887	0.453742	134.8360	0.000000

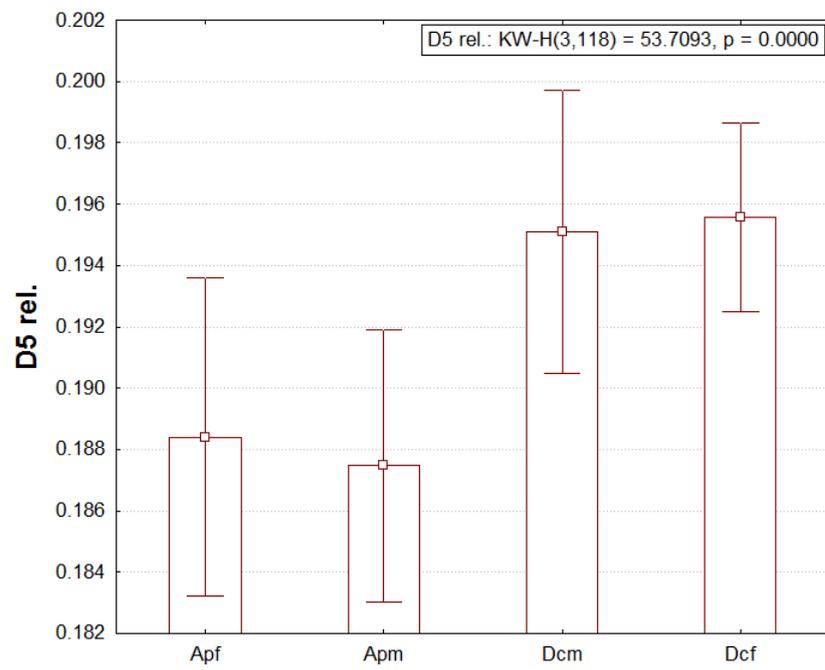
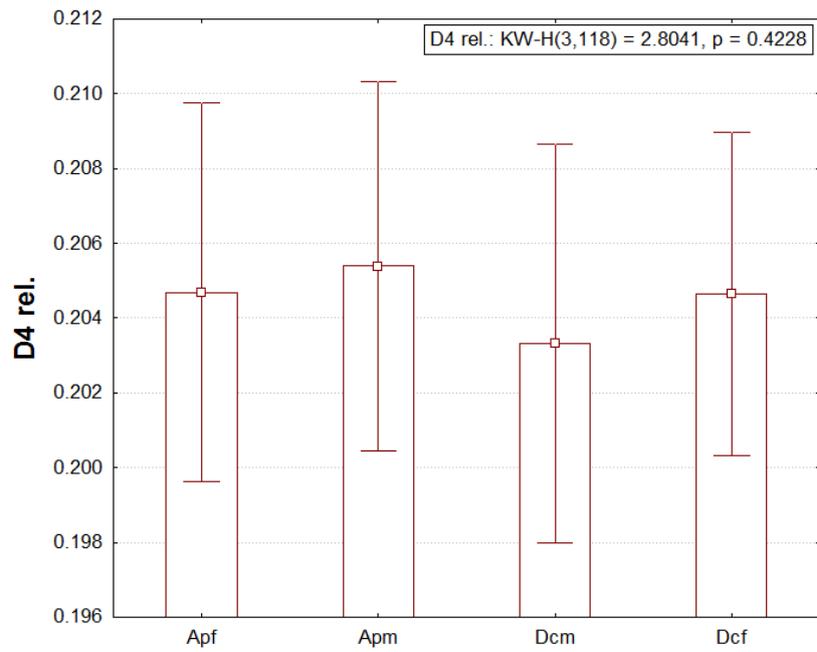
A capacidade do modelo com dados relativizados pela envergadura para discriminar entres as espécies foi de 97% (47% maior do que o esperado por acaso, 50% de chance de acertar o sexo por acaso) (Tabela 16).

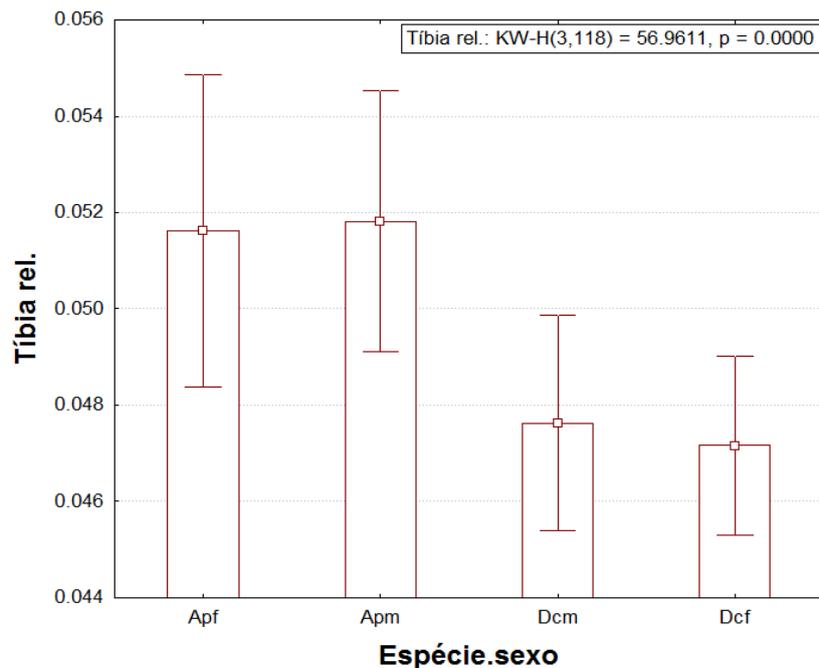
**Tabela 16.** Matriz de Classificação usando as medidas das duas espécies de tíbia e ossos das asas relativizadas pela envergadura.

Espécies	Percent - Correct	<i>A. planirostris</i> - p= .55085	<i>A. cinereus</i> - p= .44915
<i>A. planirostris</i>	96.92308	63	2
<i>A. cinereus</i>	98.11320	1	52
Total	97.45763	64	54

Por outro lado, o teste de Kruskal-Wallis mostrou que na espécie *Artibeus planirostris* as médias de antebraço ( $0.1387 \pm 0.003$ ) e tíbia ( $0.0517 \pm 0.002$ ) relativizadas pela envergadura foram significativamente maiores que nos indivíduos de *Artibeus cinereus* ( $(0.1347 \pm 0.002)$ ;  $(0.0473 \pm 0.002)$ ). Contudo, o quarto dígito não variou significativamente entre as espécies (A.p. ( $0.2050 \pm 0.004$ ); A.c. ( $0.2041 \pm 0.004$ )). Os dedos terceiro e quinto apresentaram média das razões mais elevadas nos espécimes de *Artibeus cinereus* (D3 ( $0.2778 \pm 0.008$ ); D5 ( $0.1954 \pm 0.003$ )) em relação a *Artibeus planirostris* (D3 ( $0.2739 \pm 0.006$ ); D5 ( $0.1879 \pm 0.004$ )), como pode ser observado na Figura 6.







**Figura 6.** Medidas lineares (antebraço, dígitos e tíbia) estandardizadas pela envergadura separadas por sexo e espécie, com respectivos testes de Kruskal-Wallis. Nas figuras apresentadas acima as médias são indicadas pelo símbolo do quadrado(□), seguidas do desvio padrão (±DP).

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1. Morfometria de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*

As fêmeas de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* apresentaram em média medidas de corpo maiores em comparação aos indivíduos machos da mesma espécie, como também foi observado por Dietz *et al.* (2006), em seus estudos sobre variação de medidas lineares de asa de cinco espécies de morcegos da família Rhinolophidae. Hixon *et al.* (2012) também constataram que fêmeas de *Artibeus planirostris* apresentam massa corporal maior que machos.

A massa corporal das fêmeas de *Artibeus cinereus* foi de 12.61 g e nos indivíduos machos 12.16 g, divergindo das médias de peso sugeridas por Simmons e Voss (1998) onde as fêmeas apresentaram em média 12 g e machos em torno de 11 g. A variação das medidas de massa corporal estimada para os indivíduos de *Artibeus planirostris* entre 30.50 g e 56.79 g diferiu da literatura, estando abaixo da média dos morcegos da mesma espécie estudada por Reis *et al.* (2013) no Brasil

verificou que a massa corporal de *Artibeus planirostris* assume uma amplitude de 40g a 69g.

Os valores de antebraço na espécie *Artibeus cinereus* (ver Tabela 1) foram semelhantes àqueles apresentados por Simmons e Voss (1998) que estimaram medidas entre 37mm e 42mm. Já para *Artibeus planirostris* as medidas de antebraço observadas de 52.7mm a 62.9mm foram bem menores aos valores apresentados (entre 62 mm e 73 mm) por Anderson (1997) e Hollis (2005). Os valores de antebraço do presente estudo são comparáveis aos observados por Zórtea (2007), que estudando *Artibeus planirostris* na região centro-oeste do Brasil encontrou médias de antebraço menores que 62mm. A média de comprimento dos dígitos observada em *Artibeus planirostris* foi semelhante aos resultados definidos por Allen (1908-1910) de 122.5-130mm e 86-90mm para o terceiro e quinto dígitos, respectivamente (Tabela 1).

A razão entre as médias das medidas lineares, superfície alar e massa corporal estão de acordo com a expectativa, devido as relações geométricas, onde o peso cresce com uma velocidade maior do que a superfície e esta, por sua vez, cresce mais rápido que as medidas lineares, caso o organismo não mude de forma ou densidade (LAWLOR, 1973; MORGADO *et al.*, 1987; HAYSSEN e KUNZ, 1996; HAYSSEN, 2008). A tíbia de *Artibeus planirostris* quando comparada com a tíbia de *Artibeus cinereus* apresentou uma razão maior (1,5) em comparação com as razões dos ossos das asas (que variou entre 1.3 e 1.4), o que indica que a tíbia difere mais em tamanho médio entre estas duas espécies do que a asa.

## 7.2. Expoentes Alométricos das Regressões Lineares (massa corporal, tíbia e medidas de asa) nas espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*

Embora próximas filogeneticamente, as espécies *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*, apresentaram a maior parte das características testadas significativamente diferentes da isometria, indicando que essas duas espécies diferem na forma (LLEONART *et al.*, 2000) (Tabelas 3 e 4). Além disso, foram encontradas relações significativamente super-alométricas e sub-alométricas dentro de indivíduos da mesma espécie, o que indica que ocorre mudança de forma

associada ao crescimento não somente entre as duas espécies, mas também dentro de cada espécie. O mesmo tipo de mudança de forma (super vs sub-alométricos) encontrado quando se comparou as duas espécies em conjunto ocorreu na comparação isolada entre espécies e também quando os indivíduos foram separados em sexos diferentes, o que sugere que existe um padrão geral de mudança de forma da asa e da tíbia similar nas duas espécies (Tabela 4).

A massa corporal tendeu a crescer além do esperado em relação as medidas de asa (super-alometria da massa em relação à asa). Esse padrão sugere que em indivíduos maiores as asas são menores do que o esperado pela isometria (Tabela 4, Figuras 5a e 5b). Esses resultados corroboraram àqueles encontrados por Norberg e Rayner (1987) em uma regressão entre massa corporal e superfície alar para 208 espécies de microquirópteros nos quais a superfície alar cresce significativamente mais devagar em relação à massa do que o esperado pela isometria (Tabela 5). Norberg e Rayner (1987), contudo, não acharam diferenças significativas na relação entre envergadura e massa corporal para os microquirópteros. Essa ausência de significância pode ser devido ao reduzido tamanho amostral nessas regressões.

Os expoentes encontrados no presente estudo relacionando massa (X) com a envergadura (Y) e a massa (X) com a superfície alar (Y) foram bastante semelhantes aos valores encontrados por Canals *et al.* (2005b) que estudou a relação ecológica da morfologia de asas de oito espécies de microquirópteros do Chile. No trabalho de Canals *et al.* (2005b) foram encontrados expoentes de 0.2678 e 0.5984 para as regressões da envergadura e superfície alar com a massa corporal, respectivamente (no presente estudo eles foram estimados em 0.28 e 0.56) (Tabela 5).

Uma hipótese para explicar este padrão, no qual as asas crescem menos do que o esperado em relação ao crescimento do tamanho do corpo é que asas menores favorecem uma maior velocidade de vôo, já que diminuem o atrito com o ar, e estudos demonstram que quanto maior o peso de um organismo mais elevada tende a ser a velocidade ótima de vôo em termos de eficiência energética (NORBERG e RAYNER, 1987; BARCLAY e BRIGHAM, 1991; AGUIRRE *et al.*, 2002; ELANGOVA *et al.*, 2007; RISKIN *et al.*, 2010). Dessa forma, morcegos maiores seriam selecionados para apresentarem asas menores, do que o esperado

pela isometria, a fim de reduzir o atrito com o ar e com isso favorecer velocidades de vôo mais altas.

Ao contrário das medidas relacionadas às asas, a tíbia apresentou uma super-alometria em relação ao peso (Tabela 3 e 4, Figura 5c). Tal padrão indica que a tíbia tende a mudar de forma, aumentando suas proporções à medida que os morcegos aumentam de tamanho. Esse padrão é corroborado pelas correlações entre a tíbia e as medidas de asa, nas quais as medidas de asa crescem significativamente menos do que o esperado em relação ao crescimento da tíbia. Esse padrão ocorreu seja nas regressões envolvendo as duas espécies em conjunto como também nas regressões separadas por espécie e por sexo (Tabelas 3 e 4).

O crescimento super-alométrico da tíbia pode ser resultado de uma pressão seletiva oriunda das necessidades de sustentar uma massa corporal que tenderia a crescer aceleradamente (expoente isométrico igual a três). Nesse cenário hipotético se a tíbia crescesse isometricamente em relação ao peso do corpo, os membros posteriores talvez não conseguissem suportar a massa do morcego quando ele se encontra em repouso e se utiliza deles para se sustentar.

As diferenças entre os sexos nos expoentes alométricos relacionando as medidas de asa à massa corporal não foram significativas (Tabela 3d). Esse padrão, encontrado no presente estudo, não corroborou os resultados encontrados por Camargo e Oliveira (2012), que observaram diferenças significativas na morfometria das asas entre indivíduos machos e fêmeas de *Sturnira lilium*.

A relação entre a razão do aspecto e a massa corporal das duas espécies analisadas em conjunto foi, no presente estudo, significativamente super-alométrica. Esse resultado indica a existência de um padrão no qual as asas dos morcegos tendem a se tornarem mais estreitas (maior razão de aspecto) em resposta ao aumento de tamanho. Uma hipótese para explicar este padrão seria de que morcegos maiores seriam selecionados para apresentar asas com maior razão de aspecto (asas mais estreitas) a fim de permitir maiores velocidades de vôo necessárias para se alcançar eficiência energética em organismos maiores (NORBERG e RAYNER, 1987; BARCLAY e BRIGHAM, 1991; AGUIRRE *et al.*, 2002; ELANGO VAN *et al.*, 2007; RISKIN *et al.*, 2010).

### 7.3. Comparação das alometrias de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* com dados da literatura de morcegos (Norberg e Rayner, 1987)

Norberg e Rayner (1987) também encontraram uma relação significativamente super-alométrica para a relação entre massa corporal (X) e razão do aspecto (Y) analisando 208 espécies de microquirópteros (Tabela 5). Contudo, o expoente super-alométrico estimado por Norberg e Rayner (1987) foi de 0.209 diferindo bastante do valor super-alométrico estimado no presente trabalho de 0.06. Os expoentes estimados por Norberg e Rayner (1987) para os filostomídeos estenodermatíneos foram não significativamente diferentes da isometria possivelmente devido a inclusão de muitas espécies juntas.

A carga alar apresentou uma relação super-alométrica com o aumento da massa corporal nas duas espécies (Tabelas 3 e 4). Essa relação é provavelmente a consequência das asas das duas espécies estarem aumentando mais devagar do que o esperado em relação ao aumento do peso. Isso ocorre porque a carga alar é o peso dividido pela superfície das asas, fazendo com que a carga alar aumente de forma super-alométrica caso a superfície da asa não consiga acompanhar isometricamente o aumento do peso. Portanto, nossos resultados indicam que morcegos maiores carregam mais massa por unidade de asa do que morcegos menores, provavelmente porque asas proporcionalmente menores permitem velocidades de vôo maiores (como já foi discutido na relação entre tamanho de asa e entre a razão de aspecto e a massa corporal). Norberg e Rayner (1987) também encontraram um expoente super-alométrico para a relação entre a massa corporal (X) e a carga alar (Y) como o valor de 0.541 o qual foi próximo do valor super-alométrico estimado no presente trabalho de 0.46.

#### 7.4. Análise das medidas brutas (tíbia e ossos das asas) e medidas relativizadas pela envergadura entre indivíduos de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus*

Embora, tenhamos encontrado diferenças entre machos e fêmeas de *Artibeus planirostris*, com as fêmeas apresentando maior tamanho (Tabela 1), houve bastante sobreposição entre as medidas morfométricas dos dois sexos como mostra o resultado da Análise Discriminante usando os dados brutos, na qual nenhuma das variáveis foi individualmente significativa (Tabela 6) e onde a matriz de classificação demonstrou um baixo poder de diferenciar machos de fêmeas (Tabela 7).

A análise usando dados relativizados (divididos pela envergadura) corrobora essa interpretação já que ela não conseguiu discriminar significativamente entre os sexos e apresentou uma porcentagem de acertos ainda menor do que a análise que usou os dados brutos. Esse resultado indica que a diferença entre os sexos de *Artibeus planirostris* é principalmente de tamanho e não de proporções relativas (forma) entre os ossos da asa e tíbia e que existem sobreposição desses valores entre os dois sexos o que dificulta uma separação precisa dos sexos usando as medidas dos ossos da asa e tíbia.

A Análise Discriminante de *Artibeus cinereus* produziu o mesmo padrão encontrado em *Artibeus planirostris*, com os dados brutos produzindo uma discriminação significativa, porém pouco precisa entre os sexos de *Artibeus cinereus*, enquanto que a análise usando os dados relativizados não foi significativamente diferente de uma discriminação feita ao acaso (50% de acertos no sexo) (Tabela 10).

A comparação entre as duas espécies utilizando os dados brutos apresentou 100% de capacidade de discriminação segundo a análise discriminante, um resultado esperado em se considerando a grande diferença de tamanho entre as duas espécies. Todavia, mesmo quando foram usados os dados relativizados pela envergadura de cada indivíduo a análise discriminante conseguiu separar por espécie a quase totalidade (97%) dos indivíduos amostrados (Tabela 16), o que indica que as duas espécies diferem não só no tamanho absoluto como também nas proporções relativas dos ossos das asas e da tíbia, possivelmente devido ao crescimento não linear (alométrico) dessas estruturas.

Entre os fatores que explicam o dimorfismo sexual de tamanho de corpo e/ou forma das asas podem ser citados as diferenças nas funções desempenhadas entre os sexos (ALBUTRA *et al.*, 2012), machos relativamente menores que fêmeas como adaptação para aumentar a capacidade de manobra (BORNHOLDT *et al.*, 2008) e estilos de voo diferenciados de machos e fêmeas por apresentarem demandas ecológicas e comportamentais diferentes (WELBERGEN, 2010). Por exemplo, em uma gravidez avançada, o feto gera acréscimo de 25 a 40% do peso da mãe (CHARLES-DOMINIQUE, 1991) e isso tende a produzir altos custos energéticos e demanda por estratégias de sobrevivência para fêmeas de morcegos.

## 8. CONCLUSÕES

1. As duas espécies estudadas apresentaram dimorfismo sexual de tamanho, sendo as fêmeas maiores que os machos, porém *Artibeus planirostris* foi em média maior do que *Artibeus cinereus* em todos os parâmetros corporais medidos.
2. Quando comparados os padrões alométricos observados com os padrões esperados pela isometria houve diferença significativa para quase todas as relações morfométricas entre as duas espécies, o que significa que além de maior *Artibeus planirostris* também possui uma forma de asa diferente de *Artibeus cinereus*.
3. A massa corporal se apresentou super-alométrica em relação às medidas de asa para as duas espécies, indicando que a massa cresce mais **rápido** do que o esperado em relação à asa, possivelmente isso ocorre para reduzir o efeito de arrasto da asa e permitir com isso maiores velocidades de voo.
4. A massa corporal se mostrou sub-alométrica em relação às medidas de tíbia para as duas espécies, indicando que a massa cresce mais **devagar** do que o esperado em relação à tíbia, talvez isso ocorra para aumentar a capacidade da tíbia em sustentar o peso do morcego em repouso.

5. A Razão de Aspecto aumentou significativamente com o aumento da massa corporal nas duas espécies, indicando que indivíduos maiores das duas espécies possuem asas com formato mais estreito, o que favorece velocidade de vôo mais rápidas.
6. A análise alométrica no presente estudo encontrou um número maior de relações significativamente diferentes da isometria do que o encontrado no trabalho de Norberg e Rayner (1987), talvez devido ao fato de se trabalhar com duas espécies filogeneticamente próximas e maior tamanho das amostras.
7. A análise discriminante demonstrou que a diferença entre os indivíduos de sexos diferentes da mesma espécie é principalmente devido à diferença de tamanho, enquanto que as diferenças entre a morfometria de asa de *Artibeus planirostris* e *Artibeus cinereus* se deve não só ao tamanho, mas também a forma de asa.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. A. Morphogenesis in bat wings: linking development, evolution and ecology, **Cells Tissues Organs**, v. 187, p. 13-23, 2008.
- AESHITA, M.; WILSKÉ, B.; ZHAN-HUI, T.; CHEN, J. Occurrence and morphometric variability in the frugivorous bat species, *Cynopterus sphinx* and *Rousettus leschenaulti*, from a tropical rainforest, Xishuangbanna, SW-China, **Acta Chiropterologica**, v. 8, n. 2, p. 417-427, 2006.
- AGOSTA, S. J.; MORTON, D.; MARSH, B. D.; KUHN, K. M. Nightly, seasonal, and yearly patterns of bat activity at night roosts in the Central Appalachians, **Journal of Mammalogy**, v. 86, n. 6, p. 1210-1219, 2005.
- AGUIAR, L. M. S.; MARINHO-FILHO, J. Bat frugivory in a remnant of Southeastern Brazilian Atlantic forest, **Acta Chiropterologica**, v. 9, n. 1, p. 251-260, 2007.
- AGUIRRE, L. F. (Ed.). **Historia natural, Distribución y Conservación de los murciélagos de Bolivia**, Editorial: Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patino, 416pp, 2007
- AGUIRRE, L. F.; HERREL, A.; van DAMME, R.; MATTHYSEN, E. Ecomorphological analysis of trophic niche partitioning in a tropical savannah bat community, **Proceedings of the Royal Society B**, v. 269, p. 1271-1278, 2002.
- ALBRECHT, L.; MEYER, C. F. J.; KALKO, E. K. V. Differential mobility in two small phyllostomid bats, *Artibeus watsoni* and *Micronycteris microtis*, in a fragmented neotropical landscape, **Acta Theriologica**, v. 52, n. 2, p. 141-149, 2007.

- ALBUTRA, Q. B.; TORRES, M. A. J.; DEMAYO, C. G. Outline and landmark based geometric morphometric analysis in describing sexual dimorphism in wings of the white stem borer (*Schirpophaga innotata* Walker), **International Journal of the Bioflux Society**, v. 4, n. 1, 2012.
- ALDRIDGE, H. D. J. N.; RAUTENBACH, I. L. Morphology, echolocation and resource partitioning in insectivorous bats, **Journal of Animal Ecology**, v. 56, n. 3, p. 763-778, 1987.
- ALENCAR, O. A. **Aspectos biológicos e ecológicos do *Desmodus rotundus rotundus*, Chiroptera (E. Geoffroy, 1810) no nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1977.
- ALHO, C. J. R.; FISCHER, E.; OLIVEIRA-PISSINI, L. F.; SANTOS, C. F. Bat-species richness in the Pantanal floodplain and its surrounding uplands, **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 1, p. 311-320, 2011.
- ALLEN, G. M. Notes on Chiroptera, **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. 52, n. 3, 1908-1910.
- ALMEIDA, M. C.; CRUZ-NETO, A. P. Thermogenic capacity of three species of fruit-eating phyllostomid bats, **Journal of Thermal Biology**, v. 36, p. 225-231, 2011.
- ALTHOFF, S. L. **A comunidade de quirópteros, sua biologia e ecologia no Parque Natural Municipal Nascentes do Garcia, Estado de Santa Catarina, Brasil**. Tese (Doutorado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- ANDERSON, S. Mammals of Bolivia: taxonomy and distribution, **Bulletin of the American Museum of Natural History**, n. 231, New York, 1997.
- ARITA, H. T.; FENTON, M. B. Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats, **Tree**, v. 12, n. 2, p. 53-58, 1997.
- ASPETSBERGER, F.; BRANDSEN, D.; JACOBS, D. S. Geographic variation in the morphology, echolocation and diet of the little free-tailed bat, *Chaerephon pumilus* (Molossidae), **African Zoology**, v. 38, n. 2, p. 245-254, 2003.
- BARBOSA, M. R. V.; THOMAS, W. W.; ZÁRATE, E. L. P.; LIMA, R. B.; AGRA, M. F., LIMA, I. B.; PESSOA, M. C. R.; LOURENÇO, A. R. L.; DELGADO JÚNIOR, G. C.; PONTES, R. A. S.; CHAGAS, E. C. O.; VIANA, J. L.; GADELHA NETO, P. C.; ARAÚJO, C. M. L. R.; ARAÚJO, A. A. M.; FREITA, G. B., LIMA, J. R.; SILVA, F. O.; VIEIRA, L. A. F.; PEREIRA, L. A.; COSTA, R. M. T.; DURÉ, R. C.; SÁ, M. G. V. Checklist of the vascular plants of the Guaribas Biological Reserve, Paraíba, Brazil, **Revista Nordestina de Biologia**, v. 20, n. 2, p. 79-106, 2011.
- BARCLAY, R. M. R.; BRIGHAM, R. M. Prey detection, dietary niche breadth, and body size in bats: why are aerial insectivorous bat so small?, **The American Naturalist**, v. 137, n. 5, p. 693-703, 1991.
- BARNETT, A. A.; SAMPAIO, E. M.; KALKO, E. K. V.; SHAPLEY, R. L.; FISCHER, E.; CAMARGO, G.; RODRÍGUEZ-HERRERA, B. Bats of Jaú National Park, central Amazônia, Brazil, **Acta Chiropterologica**, v. 8, n. 1, p. 103-128, 2006.
- BERNARD, E.; FENTON, M. B. Bats in fragmented landscape: species composition, diversity and habitat interactions in savannas of Santarém, Central Amazonia, Brazil, **Biological Conservation**, v. 134, p. 332-343, 2007.
- BIANCONI, G. V.; MIKICH, S. B.; PEDRO, W. A. Diversidade de morcegos (Mammalia, Chiroptera) em remanescentes florestais do município de Fênix, noroeste do Paraná, Brasil, **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 4, p. 943-954, 2004.
- BININDA-EMONDS, O. R. P.; RUSSEL, A. P. Minimization of potencial problems associated with the morphometry of spirit-preserved bat wings, **Collection Forum**, v. 8, n. 1, p. 9-14, 1992.

- BININDA-EMONDS, O. R. P.; RUSSEL, A. P. Effects of preservation on wing morphometry of the little brown bat (*Myotis lucifugus*), **Journal of Zoology London**, v. 230, p. 141-158, 1993.
- BIRCH, J. M. Comparing wing shape of bats: the merits of Principal-Components Analysis and Relative Warp Analysis, **Journal of Mammalogy**, v. 78, n. 4, p. 1187-1198, 1997.
- BORNHOLDT, R.; OLIVEIRA, L. R.; FABIÁN, M. E. Sexual size dimorphism in *Myotis nigricans* (Schinz, 1821) (Chiroptera: Vespertilionidae) from south Brazil, **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 897-904, 2008.
- BRITO, J. E. C.; GAZARINI, J.; ZAWADZKI, C. H. Abundância e frugivoria da quiropterofauna (Mammalia, Chiroptera) de um fragmento no noroeste do Estado do Paraná, Brasil, **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 32, n. 3, p. 265-271, 2010.
- BRUNET-ROSSINI, A. K; AUSTAD, S. N. Ageing studies on bats: a review, **Biogerontology**, v. 5, p. 211-222, 2004.
- CAMARGO, N. F.; OLIVEIRA, H. F. M. Sexual dimorphism in *Sturnira lilium* (Chiroptera, Phyllostomidae): can pregnancy and pup carrying be responsible for differences in wing shape?, **Plos One**, v. 7, p. 1-7, 2012.
- CAMPBELL, P.; SCHNEIDER, C. J.; ZUBAIB, A.; ADNAN, A. M.; KUNZ, T. H. Morphological and Ecological correlates of coexistence in Malaysian Fruit Bats (Chiroptera: Pteropodidae), **Journal of Mammalogy**, v. 88, n. 1, p. 105-118, 2007.
- CANALS, M.; ATALA, C.; GROSSI, B.; IRIARTE-DÍAZ, J. Relative size of hearts and lung of small bats, **Acta Chiropterologica**, v. 7, n. 1, p. 65-72, 2005a.
- CANALS, M.; GROSSI, B.; IRIARTE-DÍAZ, J.; VELOSO, C. Biomechanical and ecological relationships of wing morphology of eight Chilean bats, **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 78, p. 215-227, 2005b.
- CARVALHO, C. T. Sobre hábitos alimentares de Phyllostomídeos (Mammalia, Chiroptera), **Revista de Biologia Tropical**, v. 9, n. 1, p. 53-60, 1961.
- CARVALHO, F.; ZOCHE, J. J.; MENDONÇA, R. A. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) em restinga no município de Jaguaruna, sul de Santa Catarina, Brasil, **Biotemas**, v. 22, n. 3, p. 193-201, 2009.
- CHARLES-DOMINIQUE, P. Feeding Strategy and Activity Budget of the Frugivorous Bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in French Guiana, **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, n. 2, p. 243-256, 1991.
- COOPER, K. L.; TABIN, C. J. Understanding of bat wing evolution takes flight, **Genes & Development**, v. 22, p. 121-124, 2008.
- CRUZ, L. D.; MARTÍNEZ, C.; FERNANDES, F. R. Comunidades de morcegos em habitats de uma ilha de Mata Amazônica remanescente na Ilha de São Luis, Maranhão, **Acta Amazonica**, v. 37, n.2, p. 613-620, 2007.
- DARRAULT, R. O.; SCHLINDWEIN, C. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas, **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 2, p. 429-443, 2002.
- DÍAZ, M. M.; BARQUEZ, R. M. **Los Mamíferos de Jujuy, Argentina**, Literature of Latin America, Buenos Aires, Argentina, 326pp, 2002.
- DIETZ, C.; DIETZ, I.; SIEMERS, B. M. Wings measurement variations in the five european horseshoe bat species (Chiroptera: Rhinolophidae), **Journal of Mammalogy**, v. 87, n. 6, p. 1241-1251, 2006.

- DUARTE, A. P. G.; TALAMONI, S. A. Reproduction of the large fruit-eating bat *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a Brazilian Atlantic forest area, **Mammalian Biology**, v. 75, p. 320-325, 2010.
- ELANGOVAN, V.; PRIYA, E. Y. S.; RAGHURAM, H.; MARIMUTHU, G. Wing morphology and flight development in the short-nosed fruit bat *Cynopterus sphinx*, **Zoology**, v. 110, p. 189-196, 2007.
- ESBÉRARD, C. E. L.; NUNES, M. S.; HAMMOND, A. D. Round-Eared-Bat (*Tonatia bidens*) in captivity (Chiroptera: Phyllostomidae), **Chiroptera Neotropical**, v. 6, n. 1-2, p. 125-126, 2000.
- ESBÉRARD, C. E. L. Efeito da coleta de morcegos por noites seguidas no mesmo local, **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 4, p. 1093-1096, 2006.
- ESBÉRARD, C.; DAEMON, C. Um novo método para marcação de morcegos, **Chiroptera Neotropical**, v. 5, n. 1-2, p. 116-117, 1999.
- ESBÉRARD, C. E. L.; BERGALLO, H. G. Do bigger bats need more time to forage?, **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 819-822, 2008.
- ESTRADA-VILLEGAS, S.; PÉREZ-TORRES, J.; STEVENSON, P. R. Ensamblaje de murciélagos en un bosque subandino colombiano y análisis sobre la dieta de algunas especies, **Mastozoologia Neotropical**, v. 17, n. 1, p. 31-41, 2010.
- ESTRADA-VILLEGAS, S.; MCGILL, B. J.; KALKO, E. K. V. Climate, habitat, and species interactions at different scales determine the structure of a Neotropical bat community, **Ecology**, v. 93, n. 5, p. 1183-1193, 2012.
- FÁBIAN, M. E.; RUI, A. M.; WAECHTER, J. L. Plantas utilizadas como alimento por morcegos (Chiroptera, Phyllostomidae), no Brasil. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; SANTOS, G. A. S. D. **Ecologia de Morcegos**, Technical Books Editora, Londrina, 2008.
- FEIJÓ, J. A.; ARAUJO, P.; FRACASSO, M. P. A.; SANTOS, K. R. P. New records of three bat species for the Caatinga of the state of Paraíba, northeastern Brazil, **Chiroptera Neotropical**, v. 16, n. 2, p. 723-727, 2010.
- FENTON, M. B.; BOGDANOWICZ, W. Relationships between external morphology and foraging behaviour: bats in the genus *Myotis*, **Canadian Journal of Zoology**, v. 80, p. 1004-1013, 2002.
- FINDLEY, J. S.; STUDIER, E. H.; WILSON, D. E. Morphologic properties of bat wings, **Journal of Mammalogy**, v. 53, n. 3, p. 429-444, 1972.
- FLEMING, T.H.; HOOPER, E.T.; WILSON, D.E. Three central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns, **Ecology**, v. 53, n. 4, p. 555-569, 1972.
- FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba utilizando Sistema de Informações Geográficas**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- GARDNER, A. L. Family Phyllostomidae. In: GARDNER, A. L. (Ed.). **Mammals of South America**, v. 1, 2007.
- GIANNINI, N.P.; KALKO, E.K.V. Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama, **Oikos**, v. 105, p. 209-220, 2004.
- GOLDMAN, C. A.; SNELL, R. R.; THOMASON, J. J.; BROWN, D. B. Principles of allometry. Pages 43-72, in *Tested studies for laboratory teaching*. Volume 11. (C. A. Goldman, Editor). Proceedings of the Eleventh Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 195 pages.

GREGORIN, R.; CARMIGNOTTO, A. P.; PERCEQUILLO, A. R. Quirópteros do Parque Nacional da Serra das confusões, Piauí, nordeste do Brasil, **Chiroptera Neotropical**, v. 14, n. 1, p. 366-383, 2008.

GRUENER, C.G. **Efeito da fragmentação florestal sobre as comunidades de morcegos do município de Blumenau, SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)-Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.

GUMMER, D. L.; BRIGHAM, R. M. Does fluctuating asymmetry reflect the importance of traits in little brown bats (*Myotis lucifugus*)?, **Canadian Journal of Zoology**, v. 73, p. 990-992, 1995.

GUNNELL, G. F.; SIMMONS, N. B. Fossil evidence and the origin of bats, **Journal of Mammalian Evolution**, v. 12, n. 1/2, p. 209-246, 2005.

GUO, H.; WEINER, J.; MAZER, S. J.; ZHAO, Z.; DU, G.; LI, B. Reproductive allometry in *Pedicularis* species changes with elevation, **Journal of Ecology**, v. 100, p. 452-458, 2012.

HAYSSEN, V.; KUNZ, T. H. Allometry of litter mass in bats: maternal size, wing morphology, and phylogeny, **Journal of Mammalogy**, v. 77, n. 2, p. 476-490, 1996.

HAYSSEN, V. Reproductive effort in squirrels: ecological, phylogenetic, and latitudinal patterns, **Journal of Mammalogy**, v. 89, n. 3, p. 582-606, 2008.

HEDENSTROM, A.; JOHANSSON, C.; SPEDDING, G. R. Bird or bat: comparing airframe design and flight performance, **Bioinspiration & Biomimetics**, v. 4, p. 1-13, 2009.

HEFFNER, R. S.; KOAY, G.; HEFFNER, H. E. Sound localization in a new-world frugivorous bat, *Artibeus jamaicensis*: Acuity, use of binaural cues, and relationship to vision, **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 109, n. 1, 2001.

HERMANSON, J. W. Functional Morphology and Flight Kinematics of *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera, Phyllostomidae). (Doutorado em Filosofia) - Universidade da Flórida, 1983

HIXON, S.; BROOKS, A.; MICULKA, B.; RICHMOND, C.; WARRENDORF, D.; WHITMIRE, A.; WILKINS, B.; LACHER JR, T. E.; WOOLLEY, J. B. Wing morphology, flight speeds and insights into niche structure in Caribbean bats from Dominica, **Chiroptera Neotropical**, v. 18, n. 1, p. 1067-1073, 2012.

HOFMAN, M.A. Allometric scaling in Palaeontology: a critical survey, **Human Evolution**, v. 3, n. 3, p. 177-188, 1988.

HOLLIS, L. *Artibeus planirostris*, **Mammalian Species**, n. 775, p. 1-6, 2005.

HONEYCUTT, R. L. Small changes, big results: evolution of morphological discontinuity in mammals, **Journal of Biology**, v. 7, n. 9, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Plano de Manejo, Reserva Biológica de Guaribas**, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2003.

IRIARTE-DÍAZ, J.; NOVOA, F. F.; CANALS, M. Biomechanic consequences of differences in wing morphology between *Tadarida brasiliensis* and *Myotis chiloensis*, **Acta Theriologica**, v. 47, n. 2, p. 193-200, 2002.

KALCOUNIS, M. C.; BRIGHAM, R. M. Intraspecific variation in wing loading affects habitat use by little brown bats (*Myotis lucifugus*), **Canadian Journal of Zoology**, v. 73, p. 89-95, 1995.

KIRKPATRICK, S. J. Scale effects on the stresses and safety factors in the wing bones of Birds and Bats, **The Journal of Experimental Biology**, v. 190, p. 195-215, 1994.

- KUNZ, T.H.; STERN, A. A. Maternal investment and post-natal growth in bats, **Zoological Symposium**, n. 67, 1995.
- KURTA, A.; KUNZ, T. H. size of bats at birth and maternal investment during pregnancy, **Symposia of the Zoological Society of London**, n. 57, p. 79-106, 1987.
- LAWLOR, T. E. Aerodynamic characteristics of some neotropical bats, **Journal of Mammalogy**, v. 54, n. 1, p. 71-78, 1973.
- LEYLEK, E. A.; MANZO, J. E.; GARCIA, E. Analysis of bats wings for morphing, **Proceedings of SPIE**, v. 6928, 2008.
- LIM, B. K. Morphometric differentiation and species status of the Allopatric fruit bats *Artibeus jamaicensis* and *A. planirostris* in Venezuela, **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 32, n. 2, p. 65-71, 1997.
- LLEONART, J.; SALAT, J.; TORRES, G. J. Removing allometric effects of body size in morphological analysis, **Journal Theoretical Biology**, v. 205, p. 85-93, 2000.
- LÓPEZ-GONZÁLEZ, C. Ecological zoogeography of the bats of Paraguay, **Journal of Biogeography**, v. 31, p. 33-45, 2004.
- MANCINA, C. A.; GARCIA-RIVERA, L.; MILLER, B. W. Wing morphology, echolocation, and resource partitioning in syntopic Cuban mormoopid bats, **Journal of Mammalogy**, v. 93, n. 5, p. 1308-1317, 2012.
- MARROIG, G. When size makes a difference: allometry, life-history and morphological evolution of capuchins (*Cebus*) and squirrels (*Saimiri*) monkeys (Cebinae, Platyrrhini), **BMC Evolutionary Biology**, v. 7, n. 20, p. 1-26, 2007.
- MORATELLI, R.; OLIVEIRA, J. A. Morphometric and morphological variation in South American populations of *Myotis albescens* (Chiroptera: Vespertilionidae), **Zoologia**, v. 28, n. 6, p. 789-802, 2011.
- MORGADO, E.; GUNTHER, B.; GONZALEZ, U. On allometry of wings, **Revista Chilena de História Natural**, v. 60, p. 71-79, 1987.
- NORBERG, U. M. Functional Osteology and Myology of the wing of the Dog-Faced bat *Rousettus aegyptiacus* (É. Geoffroy) (Mammalia, Chiroptera), **Z. Morph. Tiere**, v. 73, p. 1-44, 1972.
- NORBERG, U. M. Allometry of bat wings and legs and comparison with bird wings, **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 292, p. 359-398, 1981.
- NORBERG, U. M. L.; NORBERG, R. A. Scaling of wingbeat frequency with body mass in bats and limits to maximum bat size, **The Journal of Experimental Biology**, v. 215, p. 711-722, 2012.
- NORBERG, U. M.; RAYNER, J. M. V. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation, **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 316, p. 335-427, 1987.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba, **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, n. 1, p. 115-130, 1993.
- ORTÊNCIO FILHO, H.; REIS, N. R. Species richness and abundance of bats in fragments of bats in fragments of the stationnal semidecidual forest, Upper Paraná River, southern Brazil, **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 727-734, 2009.
- PAGLIA, A. P.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; HERRMANN, G.; AGUIAR, L. M. S.; CHIARELLO, A. G.; LEITE, Y. L. R.; COSTA, L. P.; SICILIANO, S.; KIERULFF, M. C. M.; MENDES,

- S. L.; TAVARES, V. C.; MITTERMEIER, R. A.; PATTON. Annotated Checklist of Brazilian Mammals, **Occasional Papers in Conservation Biology**, 2 ed., 2012
- PASSOS, F. C.; GRACIOLLI, G. Observações da dieta de *Artibeus lituratus* (Olfers) (Chiroptera, Phyllostomidae) em duas áreas do sul do Brasil, **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 3, p. 487-489, 2004.
- PEREIRA, M. S.; BARBOSA, M. R. V. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil, **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 2, p. 305-318, 2004.
- RAHMAN, M. R. A.; ABDULLAH, M. T. Morphological variation in the dusk fruit bat, *Penthetor lucasi*, in Sarawak, Malasia, **Tropical Natural History**, v. 10, n. 2, p. 141-158, 2010.
- REIS, N. R.; SARTORE, E. R.; PERACCHI, A. L.; FREGONEZI, M. N. Subfamília Stenodermatinae. In: REIS, N. R.; FREGONEZI, M. N.; PERACCHI, A. L.; SHIBATTA, O. A. (Orgs.). **Morcegos do Brasil**: guia de campo, 1. ed., Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 2013.
- RISKIN, D. K.; IRIARTE-DÍAZ, J.; MIDDLETON, K. M.; BREUER, K. S.; SWARTZ, S. M. The effect of body size on the wing movements of pteropodid bats, with in.s.ights into thrust and lift production, **The Journal of Experimental Biology**, v. 213, p. 4110-4122, 2010.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A.; PADILLA-RODRÍGUEZ, E. Blood Characteristics, Heart Mass, and Wing Morphology of Antillean Bats, **Caribbean Journal of Science**, v. 44, n. 3, p. 375-379, 2008.
- RUI, A. M.; FABIÁN, M. E.; MENEGHETI, J. O. 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**, v. 16, n. 2, p. 447-460, 1999.
- SHAW, T. I.; SRIVASTAVA, A.; CHI CHOU, W.; LIU, L.; HAWKIN.S.ON, A.; GLENN, T. C.; ADAMS, R.; SCHOUNTZ, T. Transcriptome sequencing and annotation for the jamaicenis fruit bat (*Artibeus jamaicensis*), **Plos One**, v. 7, n. 11, 2012.
- SILVEIRA, M.; TREVELIN, L.; PORT-CARVALHO, M.; GODOI, S.; MANDETTA, E. N.; CRUZ-NETO, A. P. Frugivory by phyllostomid bats (Mammalia: Chiroptera) in a restored area in Southeast Brazil, **Acta Oecologica**, v. 37, p. 31-36, 2011.
- SIMMONS, N. B. Order Chiroptera. In: WILSON, D. E.; REEDER, D. M. (Eds.). **Mammals species of the world**: a taxonomic and geographic reference, 3 ed., v. 1, p. 312-529, 2005.
- SIMMONS, N. B.; VOSS, R. S. The mammals of Paracou, French Guiana: a neotropical lowland rainforest fauna part 1. Bats, **Bulletin of The American Museum of Natural History**, v. 237, New York, 1998.
- STERN, A. A.; KUNZ, T. H.; BHATT, S. S. Seasonal wing loading and the ontogeny of flight in *Phyllostomus hastatus* (Chiroptera: Phyllostomidae), **Journal of Mammalogy**, v. 78, n. 4, p. 1199-1209, 1997.
- STEVENS, R. D. Functional morphology meets macroecology: size and shape distributions of New World bats, **Evolutionary Ecology Research**, v. 7, p. 837-851, 2005.
- STEVENS, R. D.; JOHNSON, M. E.; MCCULLOCH, E. S. Absolute and Relative Secondary-Sexual Dimorphism in Wing Morphology: A Multivariate Test of the 'Big Mother' Hypothesis, **Acta Chiropterologica**, v. 15, n. 1, p. 163-170, 2013.
- STOCKWELL, E. F. Morphology and flight manoeuvrability in New World leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae), **Journal of Zoology London**, v. 254, p. 505-514, 2001.
- SWARTZ, S. M.; GROVES, M. S.; KIM, H. D.; WALSH, W. R. Mechanical properties of bat wing membrane skin, **J. Zool. London**, v. 239, p. 357-378, 1996.

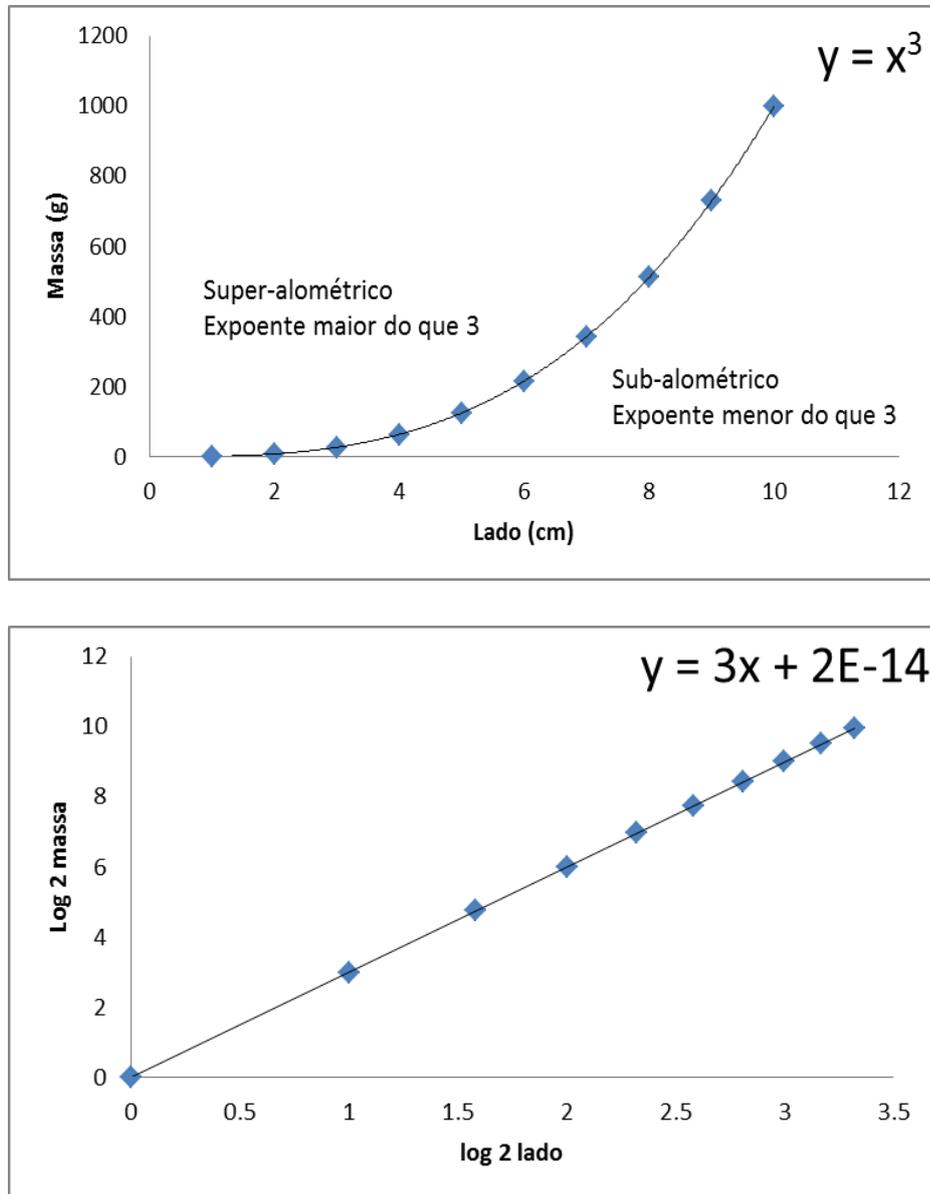
- SWARTZ, S. M. Allometric patterning in the limb skeleton of bats: implication.s. for the mechanics and energetics of powered flight, **Journal of Morphology**, v. 234, p. 277-294, 1997.
- TASKINEN, S.; WARTON, D. I. Robust tests for one or more allometric lines, **Journal of Theoretical Biology**, p. 1-25, 2013.
- VOIGT, C. C.; BORRISOV, I. M.; VOIGT-HEUCKE, S. L. Terrestrial locomotion imposes high metabolic requirements on bats, **The Journal of Experimental Biology**, v. 215, p. 4340-4344, 2012.
- VOIGT, C. C.; HOLDERIED, M. W. High manoeuvring costs force narrow-winged molossid bats to forage in open space, **Journal of Comparative Physiology B**, v. 182, p. 415-424, 2012.
- VOIGT, C. C. Bat flight with bad wings: is flight metabolism affected by damaged wing membranes?, **Journal of Experimental Biology**, v. 216, p. 1516-1521, 2013.
- WEBB. P. I.; SPEAKMAN, J. R.; RACEY, P. A. Inter- and intra-individual variation in wing loading and body mass in female pipistrelle bats: theoretical implications for flight performance, **J. Zool. London**, v. 228, p. 669-673, 1992.
- WEINBEER, M.; KALKO, E. K. V. Morphological characteristics predict alternate foraging strategy and microhabitat selection in the orange-bellied bat, *Lampronycotis brachyotis*, **Journal of Mammalogy**, v. 85, n. 6, p. 1116-1123, 2004.
- WEINBEER, M.; MEYER, C. F. J. Activity pattern of the Trawling Phyllostomid bat, *Macrophyllum macrophyllum*, in Panama, **Biotropica**, v. 38, n. 1, p. 69-76, 2006.
- WELBERGEN, J. A. Growth, bimaturation, and sexual size dimorphism in wild gray-headed flying foxes (*Pteropus poliocephalus*), **Journal of Mammalogy**, v. 91, n. 1, p. 38-47, 2010.
- ZORTÉA, M. Subfamília Stenodermatinae. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (Eds.). **Morcegos do Brasil**, Londrina: Nelio Roberto dos Reis, p. 107-128, 2007.

## ANEXO

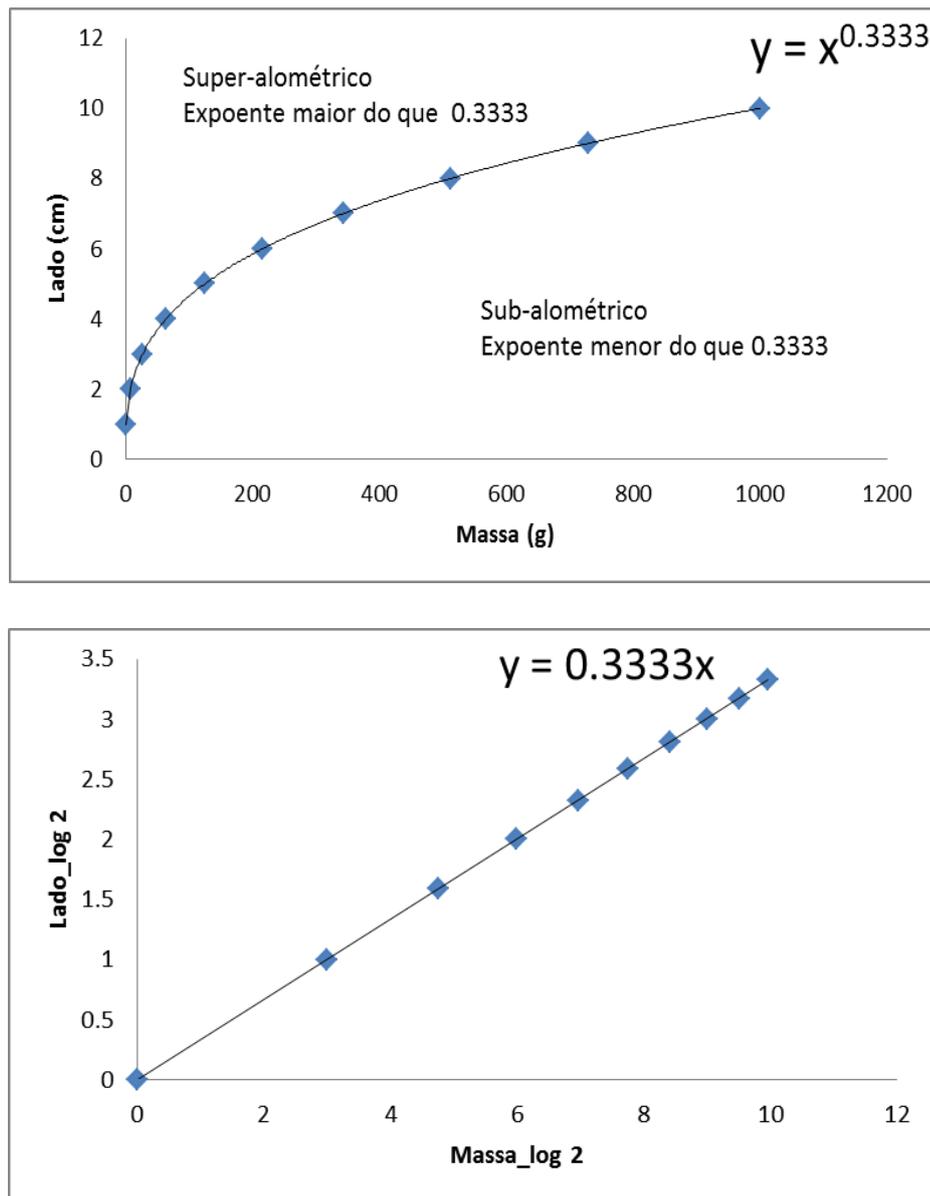
**Tabela 1.** Relações alométricas ideais calculadas a partir de cubos com lados variando entre 1 e 10cm e densidade igual a  $1\text{g/cm}^3$ , cujos valores estão expressos na tabela abaixo e as relações alométricas esperadas exibidas nos gráficos de dispersão.

L	$L^2 \cdot 6$	$L^3 \cdot 1$
Lado (cm)	Superfície ( $\text{cm}^2$ )	Massa (g) (Densidade = 1)
1	6	1
2	24	8
3	54	27
4	96	64
5	150	125
6	216	216
7	294	343
8	384	512
9	486	729
10	600	1000

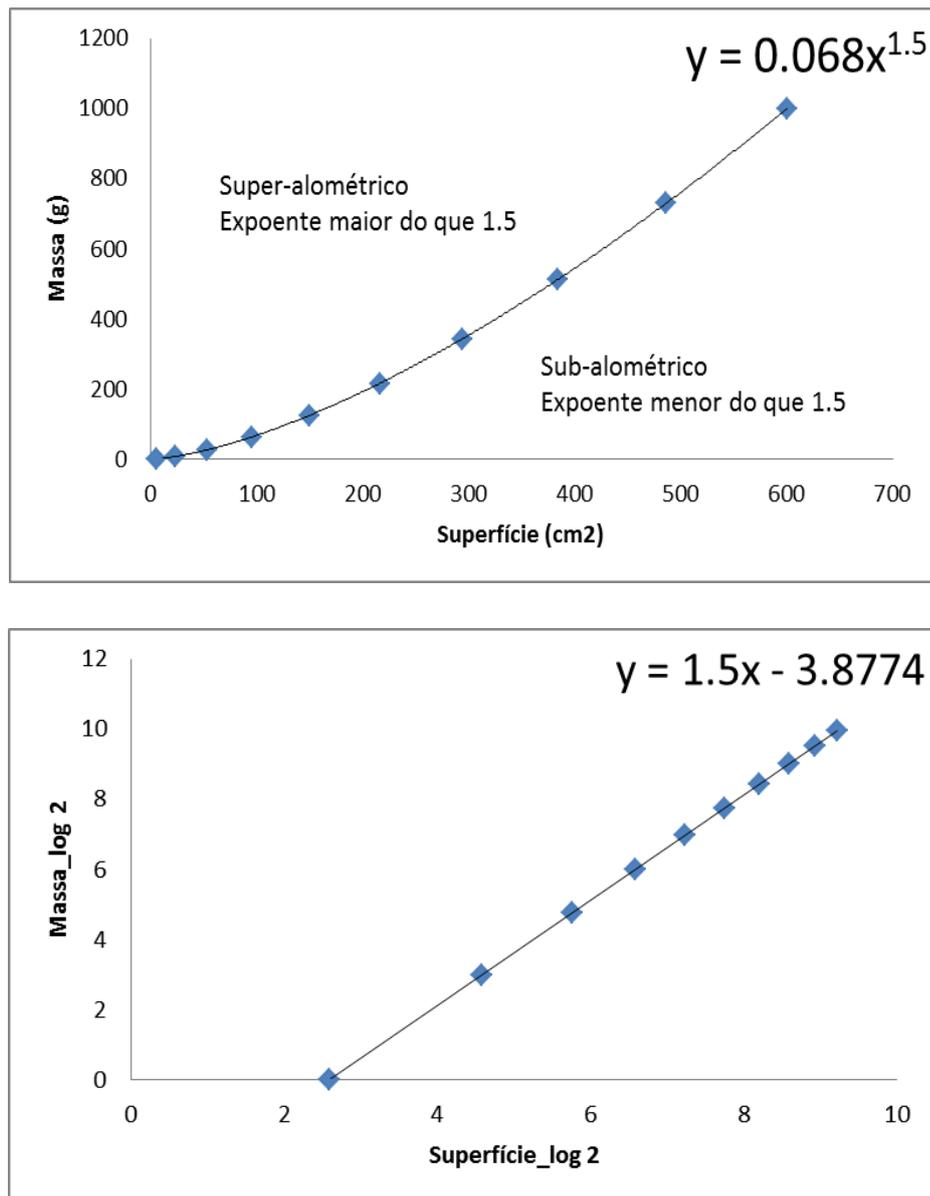
Abaixo se encontram gráficos dessas relações com os respectivos expoentes isométricos



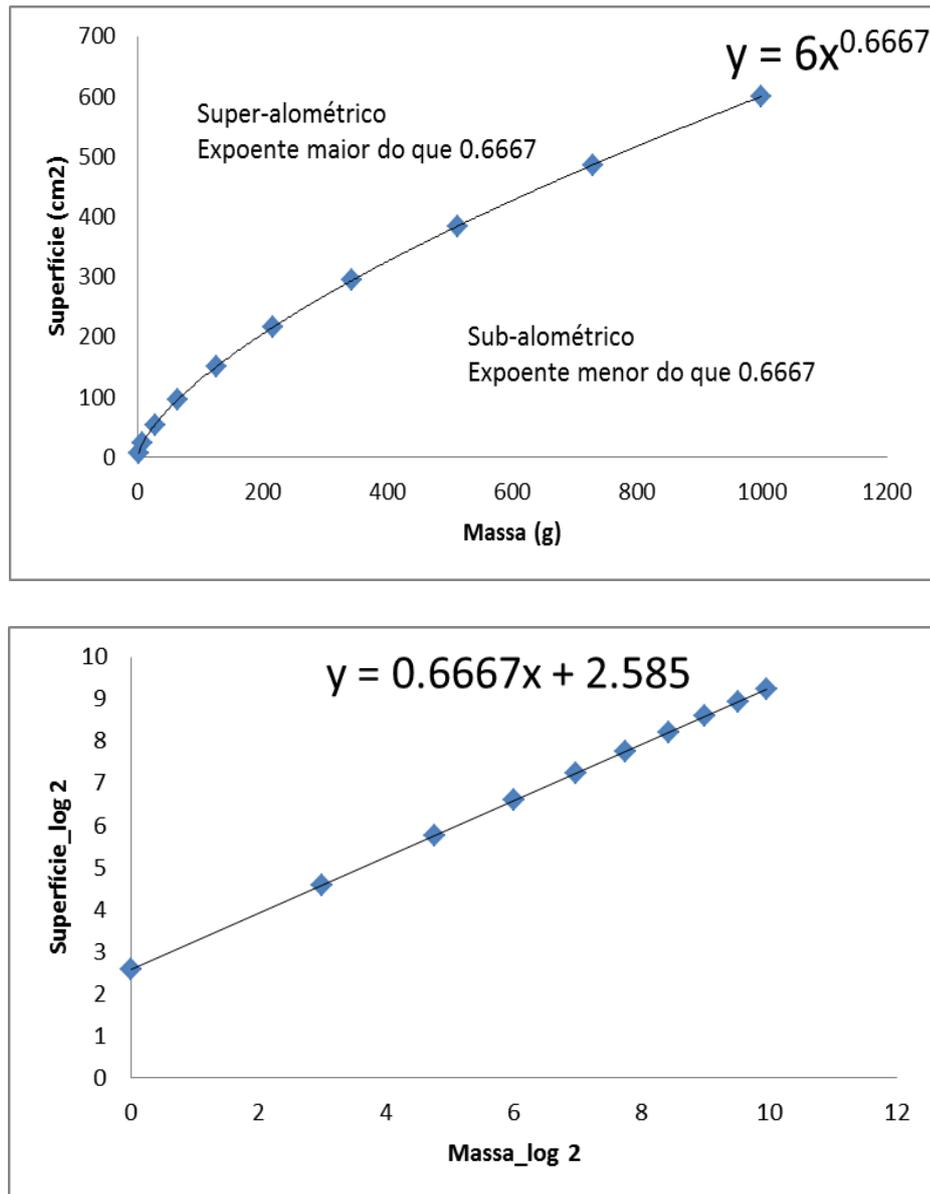
**Figura 1.** Relação entre a massa (Y) e o Lado de cubos (X) com diferentes tamanhos e densidade igual a 1. Por não mudarem de forma e nem de densidade o seu crescimento ocorre segundo o expoente isométrico ( $b = 3/1 = 3$ ). Quando os dados foram logaritmizados (segundo gráfico) a curva se transforma em uma reta e o expoente da equação alométrica passa a ser o coeficiente de inclinação da reta.



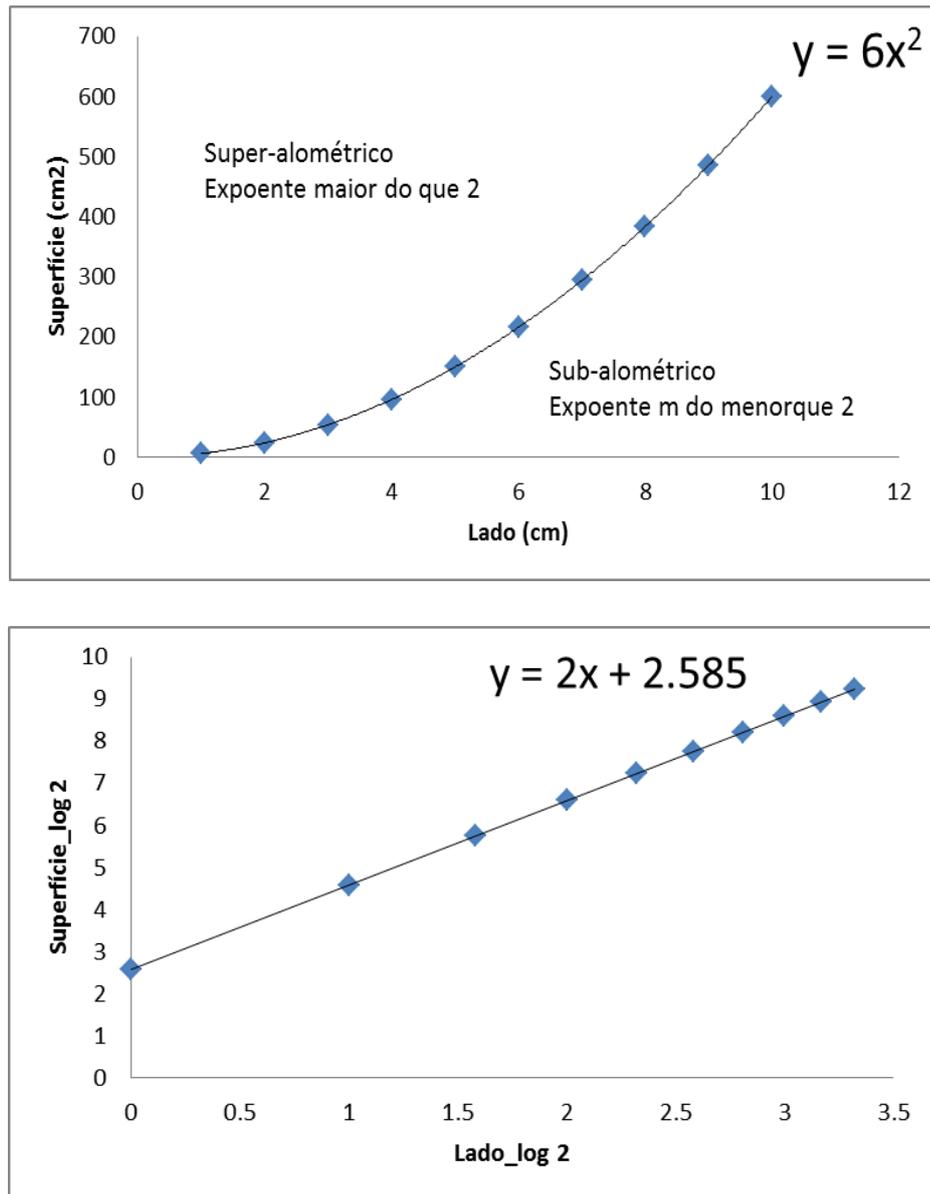
**Figura 2.** Relação entre o Lado (Y) e a massa de cubos (X) com diferentes tamanhos e densidade igual a 1. Por não mudarem de forma e nem de densidade o seu crescimento ocorre segundo o expoente isométrico ( $b = 1/3 = 0.3333$ ). Quando os dados foram logaritmizados (segundo gráfico) a curva se transforma em uma reta e o expoente da equação alométrica passa a ser o coeficiente de inclinação da reta.



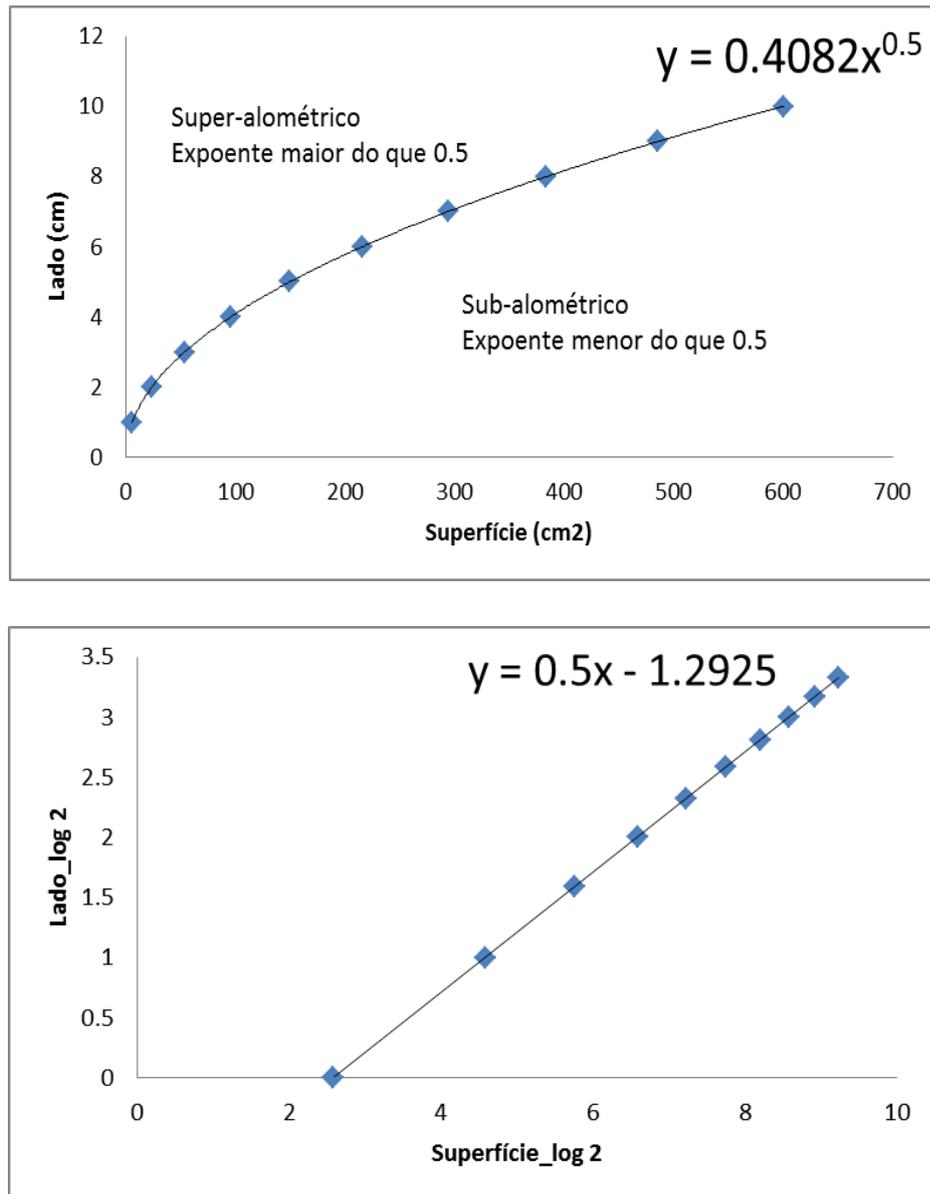
**Figura 3.** Relação entre a massa (Y) e a superfície de cubos (X) com diferentes tamanhos e densidade igual a 1. Por não mudarem de forma e nem de densidade o seu crescimento ocorre segundo o expoente isométrico ( $b = 3/2 = 1.5$ ). Quando os dados foram logaritmizados (segundo gráfico) a curva se transforma em uma reta e o expoente da equação alométrica passa a ser o coeficiente de inclinação da reta.



**Figura 4.** Relação entre a superfície (Y) e a massa de cubos (X) com diferentes tamanhos e densidade igual a 1. Por não mudarem de forma e nem de densidade o seu crescimento ocorre segundo o expoente isométrico ( $b = 2/3 = 0.6667$ ). Quando os dados foram logaritmizados (segundo gráfico) a curva se transforma em uma reta e o expoente da equação alométrica passa a ser o coeficiente de inclinação da reta.



**Figura 5.** Relação entre a superfície (Y) e o Lado de cubos (X) com diferentes tamanhos e densidade igual a 1. Por não mudarem de forma e nem de densidade o seu crescimento ocorre segundo o expoente isométrico ( $b = 2/1 = 2$ ). Quando os dados foram logaritmizados (segundo gráfico) a curva se transforma em uma reta e o expoente da equação alométrica passa a ser o coeficiente de inclinação da reta.



**Figura 6.** Relação entre o Lado (Y) e a Superfície de cubos (X) com diferentes tamanhos e densidade igual a 1. Por não mudarem de forma e nem de densidade o seu crescimento ocorre segundo o expoente isométrico ( $b = 1/2 = 0.5$ ). Quando os dados foram logaritmizados (segundo gráfico) a curva se transforma em uma reta e o expoente da equação alométrica passa a ser o coeficiente de inclinação da reta.