



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MATHEUS DO NASCIMENTO DALBEM

Testando a regra de Bergmann na
abordagem de Mayr (1963) em *Akodon
cursor* (Rodentia: Sigmodontinae) da
Mata Atlântica

VITÓRIA

2016

MATHEUS DO NASCIMENTO DALBEM

Testando a regra de Bergmann na
abordagem de Mayr (1963) em *Akodon
cursor* (Rodentia: Sigmodontinae) da
Mata Atlântica

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências Biológicas
do Centro de Ciências Humanas e
Naturais da Universidade Federal do
Espírito Santo como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel
em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Carolina
Loss

VITÓRIA

2016

MATHEUS DO NASCIMENTO DALBEM

Testando a regra de Bergmann na
abordagem de Mayr (1963) em *Akodon
cursor* (Rodentia: Sigmodontinae) da
Mata Atlântica

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em ____ de _____ de 2016.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dra. Ana Carolina Loss
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Yuri Luiz Reis Leite
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de aprimorar o conhecimento intelectual ao longo destes anos e pela utilização dos recursos que contribuíram para a realização deste trabalho,

À Minha Orientadora, Dra. Ana Carolina Loss, pela passagem do conhecimento, compreensão, ajuda, paciência em ajudar com os programas (principalmente o R) e com a escrita, respondendo a todos os e-mails, pela confiança depositada ao me aceitar como orientado neste processo do TCC, um grande exemplo de competência profissional, muito obrigado!

Aos Meus Professores Inspiradores, Doutores Albert David Ditchfield, Marcelo Teixeira Tavares, Tânia Mara Guerra e Yuri Luiz Leite, por todo o ensinamento ao longo do curso nas disciplinas e fora dessas, são extremamente fundamentais na minha formação e exemplos de profissionais éticos, que amam esta nobre profissão, e que sempre devemos nos espelhar.

Agradeço à banca, prof. Dr Yuri Luiz Leite e Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo pela disponibilidade em aceitar o convite para compô-la, pelo trabalho de ler minha monografia e por todas as críticas que contribuirão para meu desenvolvimento, Agradeço à minha Mãe, Luciene, por todo o apoio, educação, dedicação, esforço, amor, companheirismo, e por tudo mais que tem feito para que eu conseguisse alcançar este objetivo, além de todos os outros que ainda estão por vir, te amo!

Agradeço ao meu Pai, José Clézio, pelo apoio e carinho, pelo esforço para que eu e meu irmão pudéssemos sempre termos as melhores condições e a melhor educação possível, te amo!

Agradeço ao meu Irmão, Erik, pelo apoio nos momentos difíceis e por todas as partidas de Xbox (grande vice) que acontecem para aliviar a tensão durante esta jornada.

Mãe, pai e irmão, obrigado por serem fundamentais, esta conquista é nossa!

À minha namorada, Emanuela, que eu conheci na Universidade, pelo apoio incondicional, na ajuda durante os pensamentos negativos e as sessões de conselho, pelo acolhimento e ajuda de sua família, por seu companheirismo, confiança, amizade, respeito e amor compartilhado neste tempo juntos, espero tê-la comigo por muitos anos!

Aos amigos, Diego Venturim, Guilherme Sanches e João Felipe pela amizade verdadeira durante a faculdade, componentes do “Reitoria bathroom”, seja nos momentos de diversão e nos muitos dias de estudos a qual passamos durante estes quatro anos,

Aos amigos, Igor, João, Júlia, Lívia, Margarida um grande prazer tê-los conhecido nesta faculdade, com certeza sem a companhia de vocês, esta jornada seria muito mais complicada!

Aos amigos de uma vida, Henrique, Paulo, Lívia, que sempre estiveram presentes neste percurso, sem deixar de dar todo o apoio e amizade, além da descontração nas nossas reuniões, estamos juntos sempre galera!!

Aos companheiros do Seleção Natural FC, grande orgulho ser membro deste time. Minha graduação não seria a mesma sem nossos jogos na copa UFES e nas “barladas”!!

Aos colegas Lamabianos, pela ajuda e pelas risadas proporcionadas no convívio dentro e fora do LaMaB,

A todos que contribuíram para que eu conseguisse alcançar esta etapa, meu sincero muito obrigado!

RESUMO

A tendência de organismos serem maiores com o decréscimo da temperatura para mamíferos e pássaros é conhecida como regra de Bergmann. Neste trabalho, foram medidas 21 variáveis para 94 espécimes de *Akodon cursor* distribuídos ao longo da Mata Atlântica do Espírito Santo, que foram determinados sexualmente através do desgaste dos dentes molares e erupção do terceiro molar da mandíbula. Para as análises estatísticas foram realizadas análises multivariadas de variância (MANOVA), teste de Tukey post hoc e correlações de Pearson, que foram realizadas para testar se há diferença significativa entre as variáveis morfométricas e temperatura mínima e altitude para machos e fêmeas de *Akodon cursor* ao longo do Espírito Santo. Estes resultados mostram não existir conformidade de *Akodon cursor* com a regra de Bergmann.

Palavras chave: gradiente de temperatura; gradiente altitudinal, tamanho corpóreo

ABSTRACT

The tendency of bodies to be higher with decreasing temperature and increasing altitude for mammals and birds is known as Bergmann rule. In this paper, we were measured 21 variables to 94 specimens of *Akodon cursor* distributed along the Atlantic Forest of Espírito Santo, who were sexually determined by wear of the molars of the mandible and the eruption of the third molar. For statistical analyzes were performed multivariate analyzes of variance (MANOVA), post hoc Tukey test and Pearson's correlations, which were conducted to show that there is no statistical significance between the morphometrics variables and minimum temperature and altitude for males and *Akodon cursor* females throughout Espírito Santo. These results show there is no correlation between *Akodon cursor* and Bergmann's rule.

Key words: temperature range, altitude range, body size

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE SIGLAS	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAS E MÉTODOS	14
2.1 Localidades de Coleta e dados de altitude e temperatura	14
2.2 Amostras e Variáveis Morfológicas.....	15
2.3 Seleção das variáveis morfológicas para testar a regra de Bergmann.	16
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO	25
4.1 Hipótese da conservação de calor:	26
4.2 Hipótese da habilidade de migração.....	27
4.3 Hipótese dos Recursos disponíveis	27
4.4 Hipótese Filogenética	28
5. CONCLUSÃO	31
6. REFERÊNCIAS	32
7. APÊNDICES	35

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** – 1 A - Localização geográfica dos pontos de amostragem exibidos dentro da Floresta Atlântica, 1B - Mapa da variação da temperatura mínima no estado do Espírito Santo. As cores variam do vermelho ao azul, sendo aquele indicando as temperaturas mais altas e este indicando as temperaturas mais baixas, 1C - Mapa da variação de altitude no estado. As cores variam de vermelho ao azul, sendo aquele indicando as altitudes mais baixas, e o azul indicando as altitudes mais altas.....15
- FIGURA 2** – Correlação entre as variáveis morfológicas de fêmeas de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a temperatura mínima das localidades de ocorrência.....22
- FIGURA 3** – Correlação entre as variáveis morfológicas de fêmeas de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a altitude das localidades de ocorrência.....23
- FIGURA 4** - Correlação entre as variáveis morfológicas de machos de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo e a temperatura mínima das localidades de ocorrência.....24
- FIGURA 5** - Correlação entre as variáveis morfológicas de machos de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a altitude das localidades de ocorrência.....25

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Teste de Correlação das variáveis, em negrito as variáveis: **CC** (Comprimento Condilobasal), **CAM** (Comprimento angular da Mandíbula), **LIBA** (Largura InterBulaAuditiva), **FCID** (Fileira de dentes e incisivo Mandíbula Direita), **FCIE** (Fileira de dentes e incisivo Mandíbula Esquerda), **LC** (Largura Craniana), **FCIME** (Fileira de dentes e incisivo da Maxila Esquerda), **FCIMD** (Fileira de dentes e incisivo da Maxila Direita), **CP** (Comprimento Palatal) que mostraram correlação positiva e significativa com Tamanho Corpóreo e Peso.....18

TABELA 2 – ANOVA para as variáveis morfológicas CC, CAM, LIBA, FCID, FCIE, LC, FCIME, FCIMD, CP, em relação ao sexo (macho e fêmeas) e às classes etárias (0, 1, 2, 3, 4 e 5), em *Akodon cursor*.....19

TABELA 3 – Teste Tukey da diferença honestamente significativa (TUKEY *post-hoc*) exibindo o valor de p para a diferença de cada variável morfológica. A tabela 3.1 mostra o valor para as variáveis – CC, CAM, FCID, FCIE, LC e LIBA. A tabela 3.2 mostra o valor para as variáveis FCIME, FCIMD e CP, entre as classes etárias (1 a 5) de *Akodon cursor*. As variáveis em negrito **CC, LIBA, LC, CP, CCC e PESO que** não variam dentro das classes 3,4 e 5 foram selecionadas para as correlações com temperatura e altitude.....20

TABELA 4 – Correlação e valor de significância entre as variáveis morfológicas de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a temperatura mínima e a altitude.....21

LISTA DE SIGLAS

Comprimento Angular da Mandíbula	CAM
Comprimento Cauda.....	CAUDA
Comprimento Condilobasal.....	CC
Comprimento Cabeça-corpo.....	CCC
Comprimento da Orelha.....	CO
Comprimento do Pé.....	PÉ
Comprimento palatal.....	CP
Fileira de dentes da Mandíbula Direita.....	FMD
Fileira de dentes da Mandíbula Esquerda.....	FME
Fileira de dentes da Maxila Direita.....	FXD
Fileira de dentes da Maxila Esquerda.....	FXE
Fileira de dentes e incisivo da Mandíbula Direita.....	FCID
Fileira de dentes e incisivo da Mandíbula Esquerda.....	FCIE
Fileira de dentes e incisivo da Maxila Direita.....	FCIMD
Fileira de dentes e incisivo da Maxila Esquerda.....	FCIME
Largura do Crânio.....	LC
Largura do teto do Crânio.....	LTC
Largura InterBulaAuditiva.....	LIBA
Largura Interorbital.....	LI
Largura Zigomática.....	LZ
Peso.....	PESO

1. INTRODUÇÃO

O biólogo alemão Karl Bergmann publicou em 1847 a mais estudada regra ecogeográfica, que fala sobre a relação entre tamanho corpóreo e temperatura ambiental conhecida como regra de Bergmann (e.g. JAMES, 1970; MCNAB, 1971; BLACKBURN *et al.*, 1999; ASHTON *et al.*, 2000). Porém, devido ao fato de ser muito difícil de obtê-lo, por ser um trabalho extenso com cerca de 114 páginas, e ter sido publicada em alemão na Georg August Universitat Gottingen, essa versão original esteve pouco acessível à comunidade científica por décadas (MEIRI, 2011).

Em sua versão original, traduzida por James (1970), Bergmann propôs três pontos principais: (i) a temperatura constante de um organismo homeotérmico é mantida por um balanço entre a produção de calor dentro do volume de um animal e a perda de calor de sua superfície. (ii) A limitação da relação de superfície corpórea para seu volume é um dos fatores que determina o tamanho da espécie, e (iii) quando outros fatores são constantes, as menores espécies em um gênero estarão nas maiores temperaturas (BERGMANN, 1847; JAMES, 1970). Muitos estudos estão de acordo com essa proposição (RAND, 1936; MEISE, 1938; RENSCH, 1939; ADAMS & CHURCH, 2007).

A proposição original de Bergmann afirma que existe uma correlação negativa entre temperatura e tamanho corpóreo em um nível interespecífico. Porém, Mayr (1963) altera imensamente essa proposta original, promovendo o uso de variação intraespecífica para testar este princípio ecogeográfico. Essa mudança, promove uma nova perspectiva para os estudos desse princípio, conhecida como regra Neo-Bergmanniana (JAMES, 1970)

Em 1954, Snow propõe uma adição para a regra de Bergmann, o efeito da latitude, onde as aves do gênero *Parus* são maiores nas latitudes mais altas e menores em latitudes mais baixas, e desde essa adição, a maioria dos estudos usa latitude como fator de possível mudança no tamanho corpóreo (ASHTON, 2004; MEIRI *et al.*, 2004; MEIRI *et al.*, 2007; BALČIAUSKAS *et al.*, 2014).

Depois da obra de James (1970), e dois séculos da postulação de Bergmann (1847), uma difusão para estudos para vários níveis taxonômicos existe: como dentro de uma mesma espécie, entre espécies do mesmo gênero, entre espécies

de grupos taxonômicos mais elevados (GITTLEMAN, 1985; ZEVELOFF & BOYCE, 1988; COTGREAVE, 1994; BLACKBURN & GASTON, 1996; SMITH *et al.*, 1998), e até mesmo para ectotérmicos (RAY, 1960; CUSHMAN *et al.*, 1993; HAWKINS & DEVRIES, 1996; ASHTON, 2002; BELK & HOUSTON, 2002; ASHTON & FELDMAN, 2003; ADAMS & CHURCH, 2007; GERAGHTY *et al.*, 2007)

O tamanho corpóreo e as suas relações com as variáveis ambientais não são influenciados pelo número de espécimes utilizados ou pelo tamanho do intervalo da latitude ou temperatura para a maioria dos tetrápodes, indicando que estudos que não possuam grande número de espécimes ou grande intervalo de latitude ou temperatura devam ser incluídos em qualquer análise para relações entre esses fatores, uma vez que são bons indicadores destas relações de tamanho corpóreo e uma variável ambiental (ASHTON, 2004).

A Floresta Atlântica, possui um extenso gradiente latitudinal de 29° que se estende entre as regiões tropical e subtropical fundamental em produzir diferenças na distribuição e diversidade das espécies, sendo considerada uma das áreas mais ricas em diversidade do planeta (MITTERMEIER *et al.*, 1999; MYERS *et al.*, 2000). Apresenta também um acentuado gradiente altitudinal, que varia do nível do mar até o ponto mais alto de 2.897m, na Serra do Caparaó (IMEES, 1993). Muitas espécies de vertebrados estão distribuídas ao longo deste gradiente, como os anuros *Brachycephalus*, distribuídos ao longo da Mata Atlântica que mostraram relação oposta à regra de Bergmann (FIRKOWSK, 2011) e o pequeno roedor *Akodon cursor* (GEISE, 2012).

Akodon cursor apresenta tamanho corporal médio de 120mm para machos e 115mm para fêmeas, e que o comprimento de cauda é sempre menor do que o tamanho corpóreo (GEISE, 1995), sendo machos sempre maiores que as fêmeas nas dimensões corpóreas. Esses animais, estão distribuídos do sul ao nordeste da Mata Atlântica, dos estados do Paraná a Paraíba (GEISE, 2012), e no Espírito Santo, estão distribuídos por parte do gradiente altitudinal, variando desde o nível do mar até a Serra do Caparaó com 1252m.

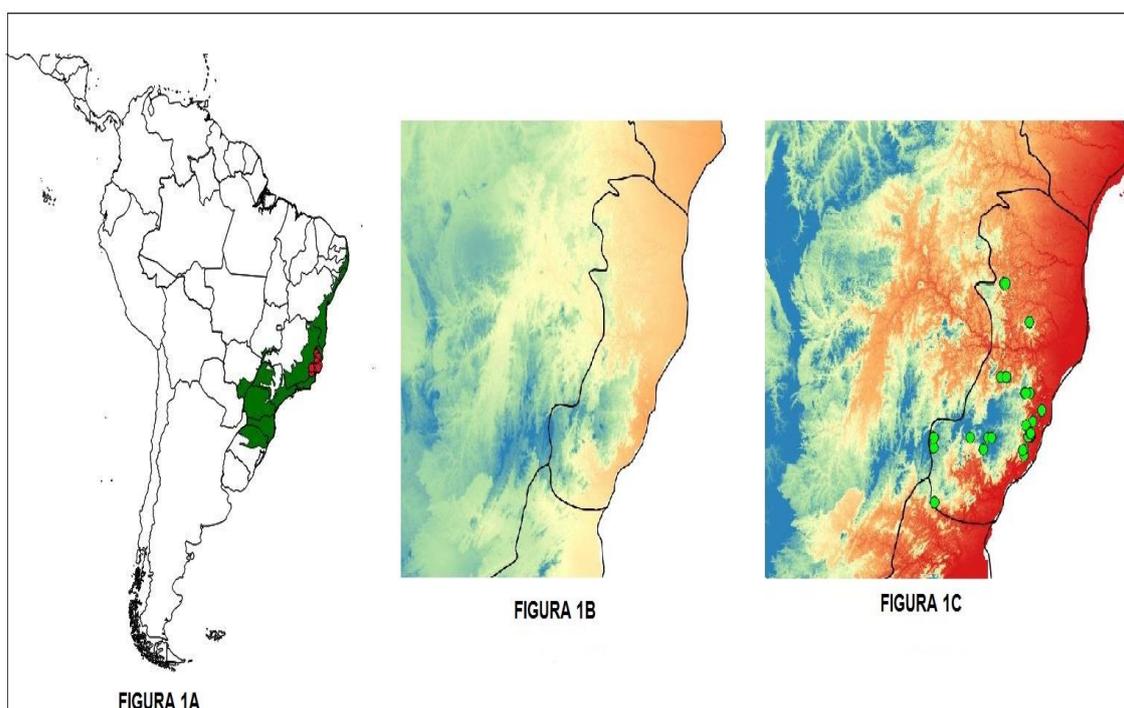
Assim, o objetivo deste trabalho foi testar a validade da regra de Bergmann usando a alteração de Mayr (1963), em populações de *Akodon cursor* na Mata Atlântica do Espírito Santo.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Localidades de Coleta e dados de altitude e temperatura

A altitude atua como modificador para um conjunto de fatores ambientais que influenciam a formação de uma comunidade (RAHBEEK, 2005). Logo, um decréscimo da produtividade primária do habitat, nas interações interespecíficas, em mudanças na quantidade de recursos alimentares, na umidade, e a diminuição de temperatura estão relacionados ao aumento da altitude. Todos esses fatores podem modificar a biologia das espécies vivendo em um ambiente com gradiente altitudinal (NAVAS, 2003; NANIWADEKAR & VASUDEVAN, 2007). Portanto, neste trabalho foram escolhidos altitude, como variável determinante para formação de comunidades e temperatura mínima, como variável abiótica, para teste da regra de Bergmann, por ser diretamente atuante sobre estratégias fisiológicas dos animais (FRITZSONS *et al.*, 2008). Os dados de altitude e temperatura mínima das localidades analisadas foram obtidos a partir de camada raster com 30 segundos de arco, do banco de dados WORDLCLIM (<http://www.worldclim.org/current>).

Figura 1A - Localização geográfica dos pontos de amostragem exibidos dentro da Floresta Atlântica, 1B - Mapa da variação da temperatura mínima no estado do Espírito Santo. As cores variam do vermelho ao azul, sendo aquele indicando as temperaturas mais altas e este indicando as temperaturas mais baixas, 1C - Mapa da variação de altitude no estado. As cores variam de vermelho ao azul, sendo aquele indicando as altitudes mais baixas, e o azul indicando as altitudes mais altas.



2.2 Amostras e Variáveis Morfológicas

O levantamento de dados reuniu medidas do peso, tamanho corpóreo, cranianas e mandibulares com base em trabalhos anteriores com os grupos *Neomys* e *Akodon* (BALČIAUSKAS *et al.*, 2014; GEISE *et al.*, 2005) de 94 espécimes de *Akodon cursor* depositadas na Coleção de Mamíferos da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES-MAM) que foram coletadas provenientes de 13 municípios do Espírito Santo (Apêndice I).

A idade de cada indivíduo foi determinada seguindo as classes etárias (de 0 a 5) propostas por Tribe (1996), que avalia as idades em relação as condições de desgaste dos molares e erupção do terceiro molar. As determinações de classe etária foram realizadas com um auxílio de uma lupa estereoscópica. Para diminuir a possibilidade de erro de conclusões dos dados, foram excluídos 5 espécimes sem dados precisos de localidade, restando 89 espécimes de *Akodon cursor*.

Foram aferidas 21 medidas morfológicas, sendo 16 de morfometria interna (crânio e mandíbula) e 5 externas. As medidas cranianas e mandibulares foram aferidas em milímetros (mm) através de utilização de um paquímetro graduado, sendo elas: Comprimento Condilobasal (CC), Comprimento Angular da Mandíbula (CAM), Fileira de dentes da Mandíbula Direita (FMD), Fileira de dentes da Mandíbula Esquerda (FME), Fileira de dentes e incisivo da Mandíbula Direita (FCID), Fileira de dentes e incisivo da Mandíbula Esquerda (FCIE), Largura do Crânio (LC), Largura Interorbital (LI), Largura InterBulaAuditiva (LIBA), Largura Zigomática (LZ), Fileira de dentes da Maxila Esquerda (FMXE), Fileira de dentes da Maxila Direita (FMXD), Fileira de dentes e incisivo da Maxila Esquerda (FCIME), Fileira de dentes e incisivo da Maxila Direita (FCIMD), Comprimento palatal (CP), Largura do teto do Crânio (LTC). As medidas externas foram obtidas das etiquetas de identificação dos espécimes, sendo elas: Comprimento Cabeça-Corpo (CCC), Comprimento Cauda (CAUDA), Comprimento do Pé (PÉ), Comprimento da Orelha (CO) e Peso (PESO).

2.3 Seleção das variáveis morfológicas para testar a regra de Bergmann.

Todos os testes estatísticos e construção de gráficos foram realizados no programa R Development Core Team (2014).

Em seu trabalho original, Bergmann se refere a superfície corporal e volume como medidas de “tamanho” que poderiam ser correlacionadas com as variações da temperatura para testar sua regra. Comprimento corpóreo e peso são as principais variáveis utilizadas para representar tamanho nos trabalhos que testam a regra de Bergmann (e.g. ASHTON & FELDMAN, 2003; MEIRI & DAYAN, 2003; ADAMS & CHURCH, 2007), por serem consideradas medidas diretas de superfície corpórea e volume, respectivamente. Afim de se testar quais outras medidas morfológicas poderiam ser utilizadas para representar a variável “tamanho” como proposta por Bergmann, fez-se um teste de correlação de Pearson de todas as variáveis medidas com o peso (PESO) e com o comprimento Cabeça-Corpo (CCC). Apenas aquelas variáveis que apresentaram coeficiente de correlação positivo e acima de moderada ($\rho > 0,5$) (MUKAKA, 2012) com as variáveis PESO e CCC, foram utilizadas para testes posteriores, sendo consideradas preditivas da regra de Bergmann.

O teste MANOVA foi realizado a fim de observar a variância entre as classes sexuais, buscando verificar presença de dimorfismo sexual na amostra.

É necessário que se utilize somente adultos com crescimento estabilizado em testes da regra de Bergmann de modo a evitar erros nos testes (ADAMS & CHURCH, 2007; NUNES *et al.*, 2016). Tribe (1996) classifica jovens e adultos através do grau de desgaste dos molares e erupção do terceiro molar, no entanto, este método pode não estar refletindo uma estabilização no crescimento corporal dos indivíduos. Para verificar a partir de qual classe etária de Tribe ocorre estabilização do crescimento, foi realizado um teste de MANOVA, seguido pelo teste TUKEY *post-hoc* para verificar diferenças significativas nas medidas entre as classes etárias (MATIAS *et al.*, 2011). As classes etárias que não mostraram diferença significativa entre os valores das variáveis, foram consideradas adultos e, portanto, apenas indivíduos destas classes (classes 3, 4 e 5) foram utilizados para teste da regra de Bergman.

Foi feito um teste de correlação de Person entre as variáveis morfológicas e ambientais (altitude e a temperatura mínima). Para isso foram observados tanto os valores do coeficiente de correlação do teste (ρ) quanto a significância (p). Para a conformidade com a regra de Neo-Bergmanniana (ADAMS & CHURCH, 2007), as variáveis morfológicas devem apresentar coeficiente de correlação (ρ) positivo e acima de 0,5 e significância menor que ($p < 0,05$) em relação à altitude; e coeficiente de correlação (ρ) negativo e abaixo de 0,5 e significância menor que ($p < 0,05$) em relação à temperatura mínima.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra que dentre as vinte e uma variáveis medidas, nove foram pré-selecionadas para testar a regra de Bergmann, na abordagem de Mayr (1963), conhecida como Neo-Bergmanniana (CC, CAM, FCID, FCIE, LIBA, LC, FCIME, FCIMD, CP) por estarem positivamente correlacionados com o comprimento Cabeça-corpo (CCC) e peso (PESO) (ver Apêndice II para gráficos de correlação).

Tabela 1 – Teste de Correlação das variáveis, em negrito as variáveis: **CC** (Comprimento Condilobasal), **CAM** (Comprimento angular da Mandíbula), **LIBA** (Largura InterBulaAuditiva), **FCID** (Fileira de dentes e incisivo Mandíbula Direita), **FCIE** (Fileira de dentes e incisivo Mandíbula Esquerda), **LC** (Largura Craniana), **FCIME** (Fileira de dentes e incisivo da Maxila Esquerda), **FCIMD** (Fileira de dentes e incisivo da Maxila Direita), **CP** (Comprimento Palatal) que mostraram correlação positiva e significativa com Tamanho Corpóreo e Peso.

FATOR(Variável relacionada ao tamanho e ao peso)	VARIÁVEL MORFOLÓGICA	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO (ρ)	VALOR DE P
CCC	CC	0.78	<0,001
	CAM	0.61	<0,001
	FMD	0,22	0,52
	FME	0.21	0,06
	FCID	0.65	<0,001
	FCIE	0.62	<0,001
	LC	0.61	<0,001
	LI	-0.06	0,61
	LIBA	0.61	<0,001
	LZ	0.48	<0,001
	FMXE	0.20	0,10
	FMXD	0.22	0,07
	FCIME	0.68	<0,001
	FCIMD	0.68	<0,001
	CP	0.75	<0,001
	LTC	0.40	<0,001
	CAUDA	0.49	<0,001
	PÉ	0.40	<0,001
	CO	-0,01	0,92
	PESO	CC	0.87
CAM		0.65	0,001
FMD		0.36	<0,003
FME		0.33	0,003
FCID		0.84	<0,001
FCIE		0.80	<0,001
LC		0.82	<0,001
LI		-0.06	0,57
LIBA		0.64	<0,001
LZ		0.47	<0,001
FMXE		0.37	<0,001
FMXD		0.37	0,001
FCIME		0.88	<0,001
FCIMD		0.88	<0,001
CP		0.85	<0,001
LTC		0.45	<0,001
CAUDA		0.42	<0,001
PÉ		0.36	0,001
CO		0.06	0,60

As Tabelas 2 e 3 mostram o teste de MANOVA seguido do teste de TUKEY para as variáveis previamente selecionadas, indicando que a maioria apresenta diferença significativa quanto ao sexo, exceto CAM e LC, com resultados

semelhantes ao trabalho de GEISE (2012). Esses dados confirmam que os indivíduos das classes etárias 3, 4 e 5 são adultos, de crescimento indeterminado, porém estabilizado, de acordo com GENTILE *et al.* (2000), enquanto indivíduos das classes 0, 1 e 2 são jovens. Com base nesses resultados, foram utilizadas as variáveis LIBA, LC, CP, CCC, PESO e CC - sendo que esta foi adicionada as variáveis dita como estabilizadas embora o valor de diferença de classe etária 5-3 tenha exibido valor significativo ($p = 0,03$) - para testar a regra de Bergmann. As demais variáveis (CAM, FMD, FME, FCID, FCIE, LI, LZ, FMXE, FMXD, FCIME, FCIMD, LTC, CAUDA, PÉ, CO) foram descartadas da análise por não variarem quanto à classe etária, mostrando serem variáveis flutuantes, uma vez que adicionando essas variáveis morfométricas que não são determinantes para as análises, estas podem influenciar situações de erro e revelarem dados que não são congruentes com o trabalho.

Tabela 2 – ANOVA para as variáveis morfológicas CC, CAM, LIBA, FCID, FCIE, LC, FCIME, FCIMD, CP, em relação ao sexo (macho e fêmeas) e às classes etárias (0, 1, 2, 3, 4 e 5), em *Akodon cursor*.

VARIÁVEL	SEXO (p value)	IDADE (p value)
CC	< 0,001	< 0,001
CAM	0.215	< 0,001
LIBA	0.05	< 0,001
FCID	0.011	< 0,001
FCIE	0.05	< 0,001
LC	0.124	< 0,001
FCIME	< 0,001	< 0,001
FCIMD	< 0,001	< 0,001
CP	< 0,001	< 0,001

Tabela 3 – Teste Tukey da diferença honestamente significativa (TUKEY *post-hoc*) exibindo o valor de p para a diferença de cada variável morfológica. A tabela 3.1 mostra o valor para as variáveis – CC, CAM, FCID, FCIE, LC e LIBA. A tabela 3.2 mostra o valor para as variáveis FCIME, FCIMD e CP, entre as classes etárias (1 a 5) de *Akodon cursor*. As variáveis em negrito **CC, LIBA, LC, CP, CCC e PESO** que não variam dentro das classes 3,4 e 5 foram selecionadas para as correlações com temperatura e altitude

IDADES	CC	CAM	FCID	FCIE	LC	LIBA
2-1	0,30	0,43	0,14	0,21	0,38	0,99
3-1	<0,001	0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,04
4-1	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,03
5-1	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
3-2	0,003	0,23	0,53	0,72	0,06	0,23
4-2	<0,001	0,03	0,03	0,01	0,01	0,12
5-2	< 0,001	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	0,006
4-3	0,87	0,03	0,66	0,24	0,99	0,99
5-3	0,03	<0,001	<0,001	<0,005	0,17	0,40
5-4	0,12	<0,001	0,005	0,008	0,08	0,41

IDADES	FCIME	FCIMD	CP	CCC	PESO
2-1	0,57	0,50	0,68	0,70	0,99
3-1	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,007
4-1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
5-1	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
3-2	0,006	0,006	0,01	0,07	0,04
4-2	<0,001	<0,001	<0,001	0,02	0,01
5-2	<0,001	<0,001	<0,001	0,0004	<0,001
4-3	0,26	0,34	0,65	0,99	0,91
5-3	<0,001	<0,001	0,06	0,59	0,08
5-4	0,03	0,04	0,08	0,65	0,22

A Tabela 4 mostra a correlação entre as variáveis morfológicas selecionadas para testar a regra de Bergmann (CC, LIBA, LC, CP, CCC e PESO) e as variáveis ambientais (altitude e temperatura mínima). As variáveis CC, LIBA, LC e PESO não mostraram valores significativos de correlação com a temperatura mínima,

embora as variáveis CCC e CP mostraram valores significativos na correlação com a temperatura mínima. Porém, os valores dos coeficientes de correlação observados foram maiores que - 0,5 ($> - 0,5$) (MUKAKA, 2012), não fornecendo robustez para determinar que as fêmeas estão de acordo a regra de Bergmann pela análise com temperatura mínima. Quanto à altitude, nenhuma variável mostrou valor significativo na correlação das fêmeas.

Nos machos, apenas uma das seis variáveis mostrou valor significativo de correlação com a temperatura mínima e não há indícios que apenas LIBA confirme que os machos estejam de acordo com a regra de Bergmann pela análise com a temperatura mínima. Quanto à altitude, 5 de 6 variáveis dos machos não mostraram correlação significativa com essa variável ambiental, porém a variável LIBA mostrou valor significativo na correlação, mas o valor do coeficiente de correlação ($< 0,5$) não faz com que essa variável seja poderosa e exclusivamente forte para determinar conformidade com a regra de Bergmann através da altitude.

Tabela 4 – Correlação e valor de significância entre as variáveis morfológicas de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a temperatura mínima e a altitude.

SEXO	TEMPERATURA MÍNIMA			ALTITUDE		
	VARIÁVEL	(ρ)	p-VALUE	VARIÁVEL	(ρ)	p-VALUE
FÊMEAS	PESO	-0,14	0,43	PESO	0,16	0,36
	CCC	-0,39	0,02	CCC	0,44	0,08
	CP	-0,38	0,01	CP	0,39	0,15
	LC	-0,13	0,47	LC	0,15	0,42
	LIBA	-0,21	0,20	LIBA	0,22	0,17
	CC	-0,27	0,09	CC	0,29	0,08
MACHOS	PESO	0,04	0,80	PESO	-0,14	0,42
	CCC	-0,16	0,84	CCC	0,10	0,57
	CP	-0,12	0,41	CP	0,05	0,75
	LC	0,06	0,74	LC	-0,13	0,45
	LIBA	-0,30	0,04	LIBA	0,30	0,05
	CC	-0,03	0,84	CC	0,29	0,89

As Figuras 2 e 3 para fêmeas e 4 e 5 para machos ressaltam não haver correlação estatisticamente significativa entre as variáveis morfológicas utilizadas e temperatura mínima e altitude, nas populações de *Akodon cursor* analisadas.

Figura 2 – Correlação entre as variáveis morfológicas de fêmeas de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a temperatura mínima das localidades de ocorrência.

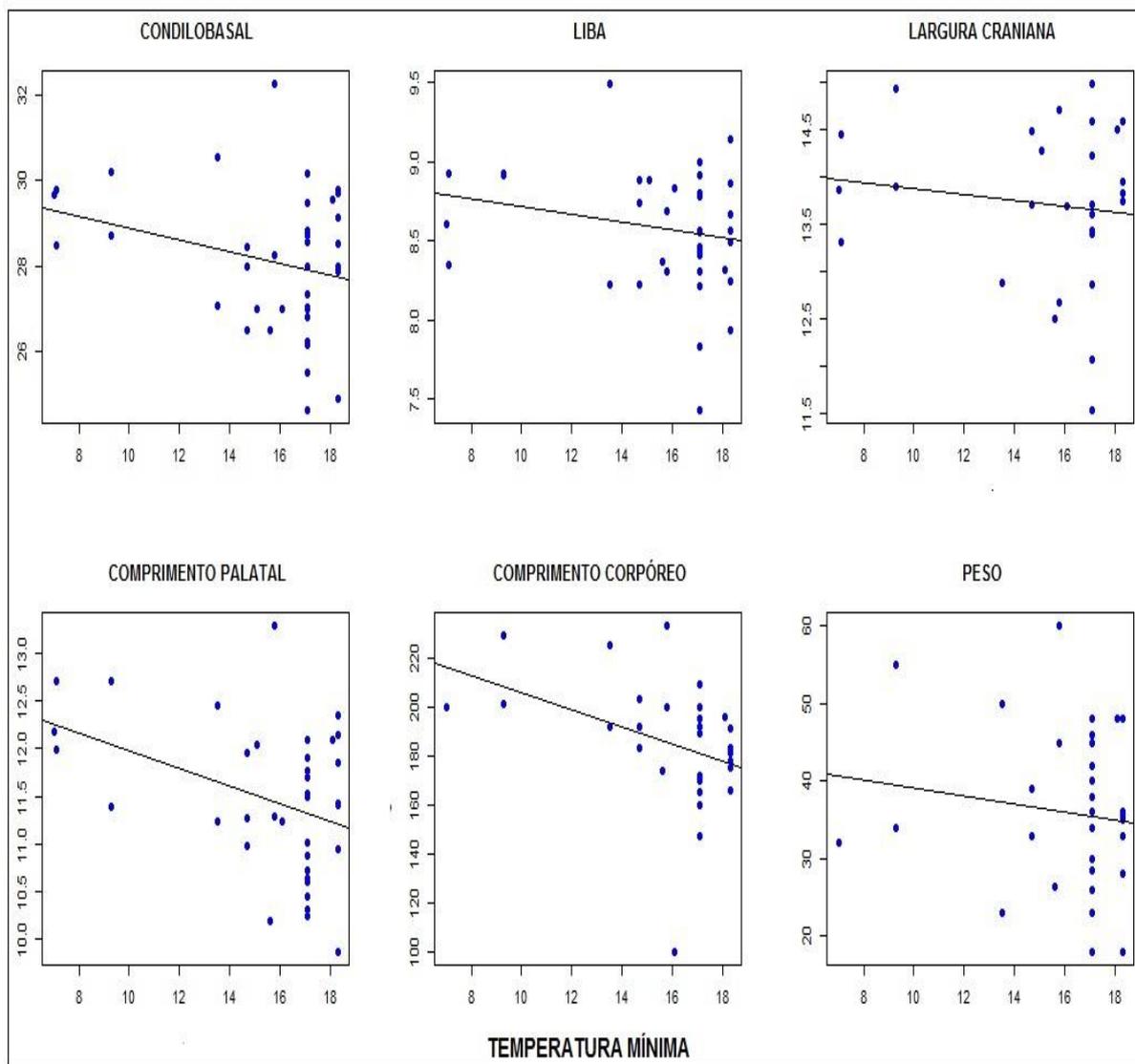


Figura 3 – Correlação entre as variáveis morfológicas de fêmeas de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a altitude das localidades de ocorrência.

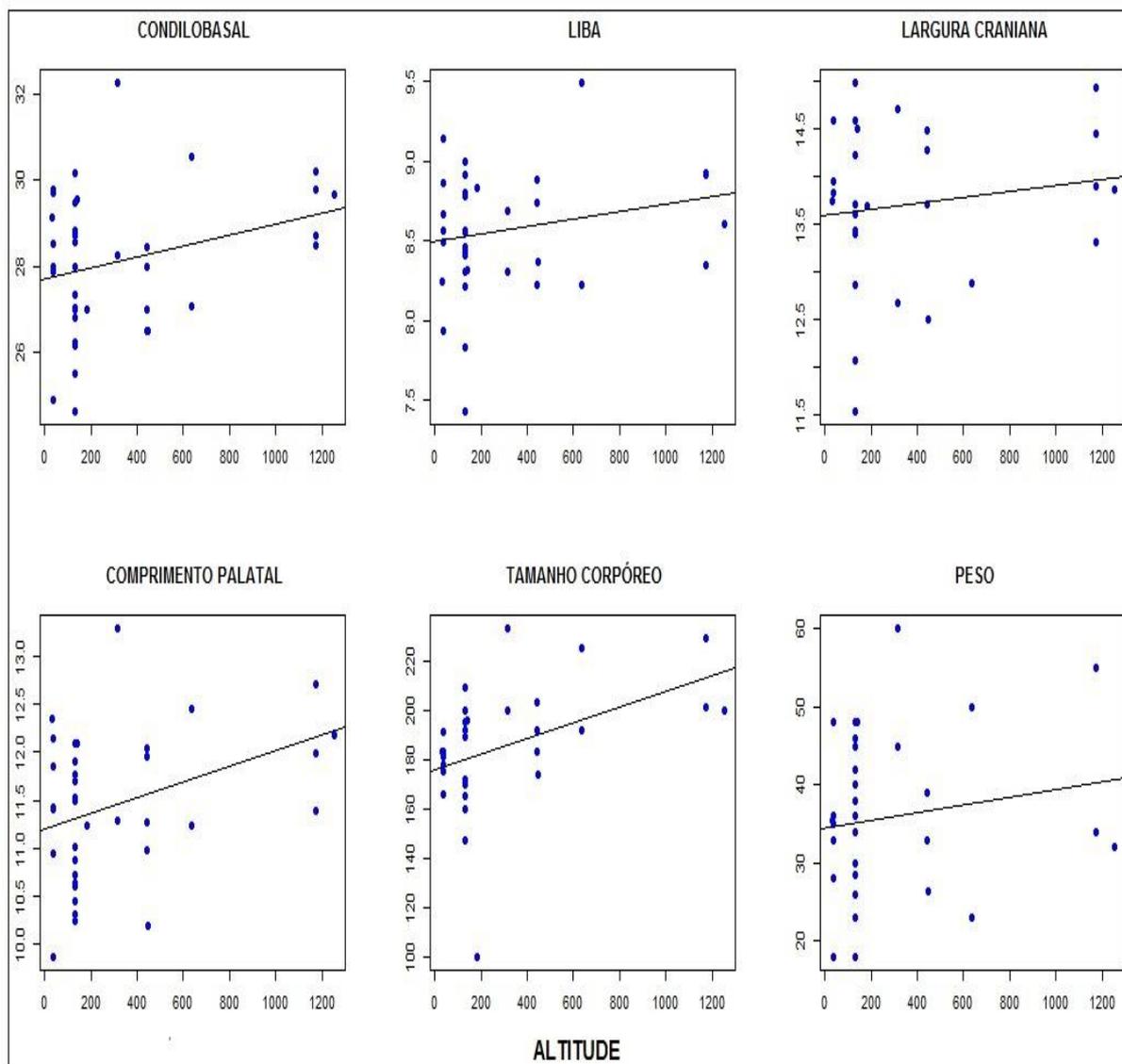


Figura 4 - Correlação entre as variáveis morfológicas de machos de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo e a temperatura mínima das localidades de ocorrência.

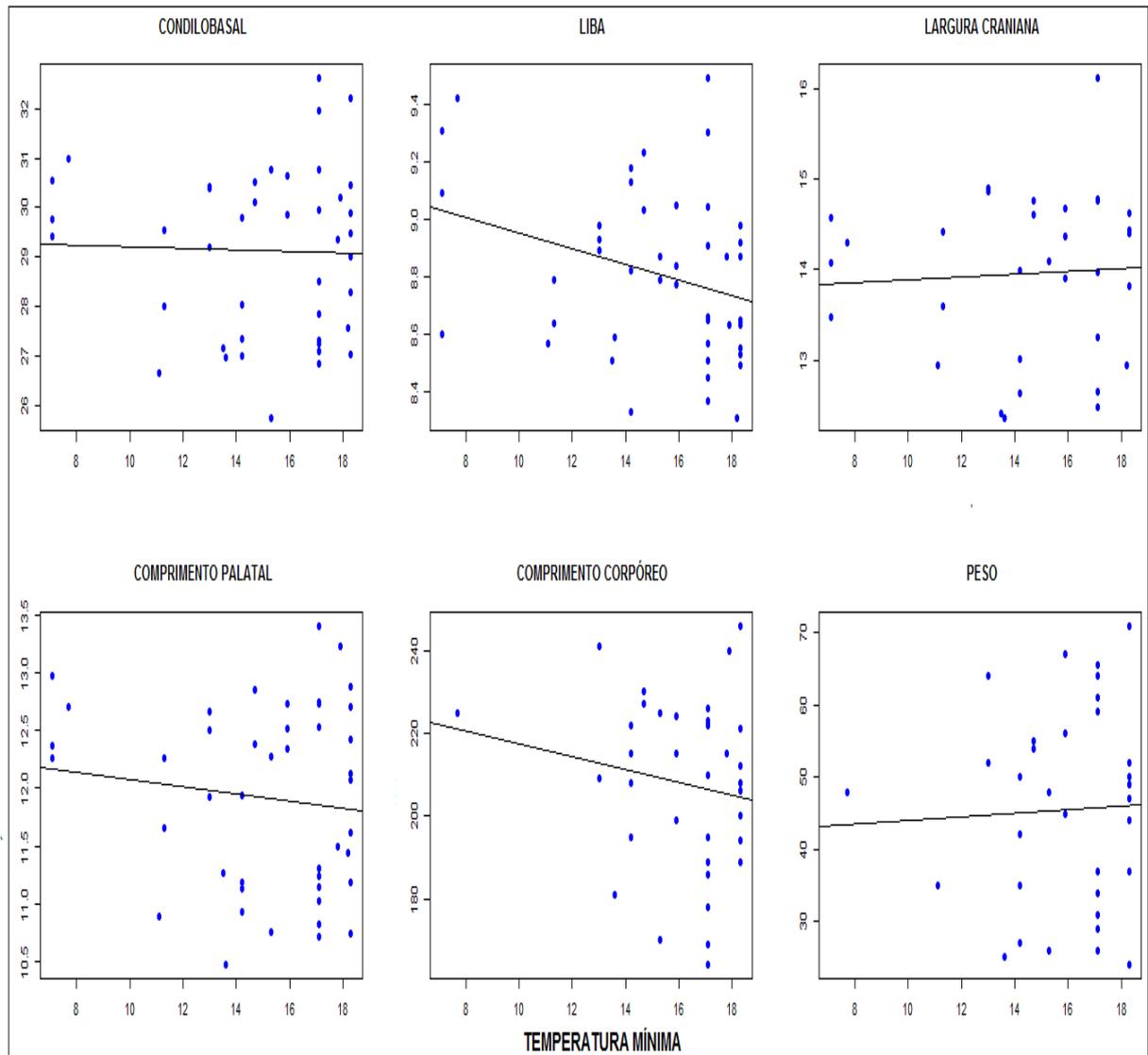
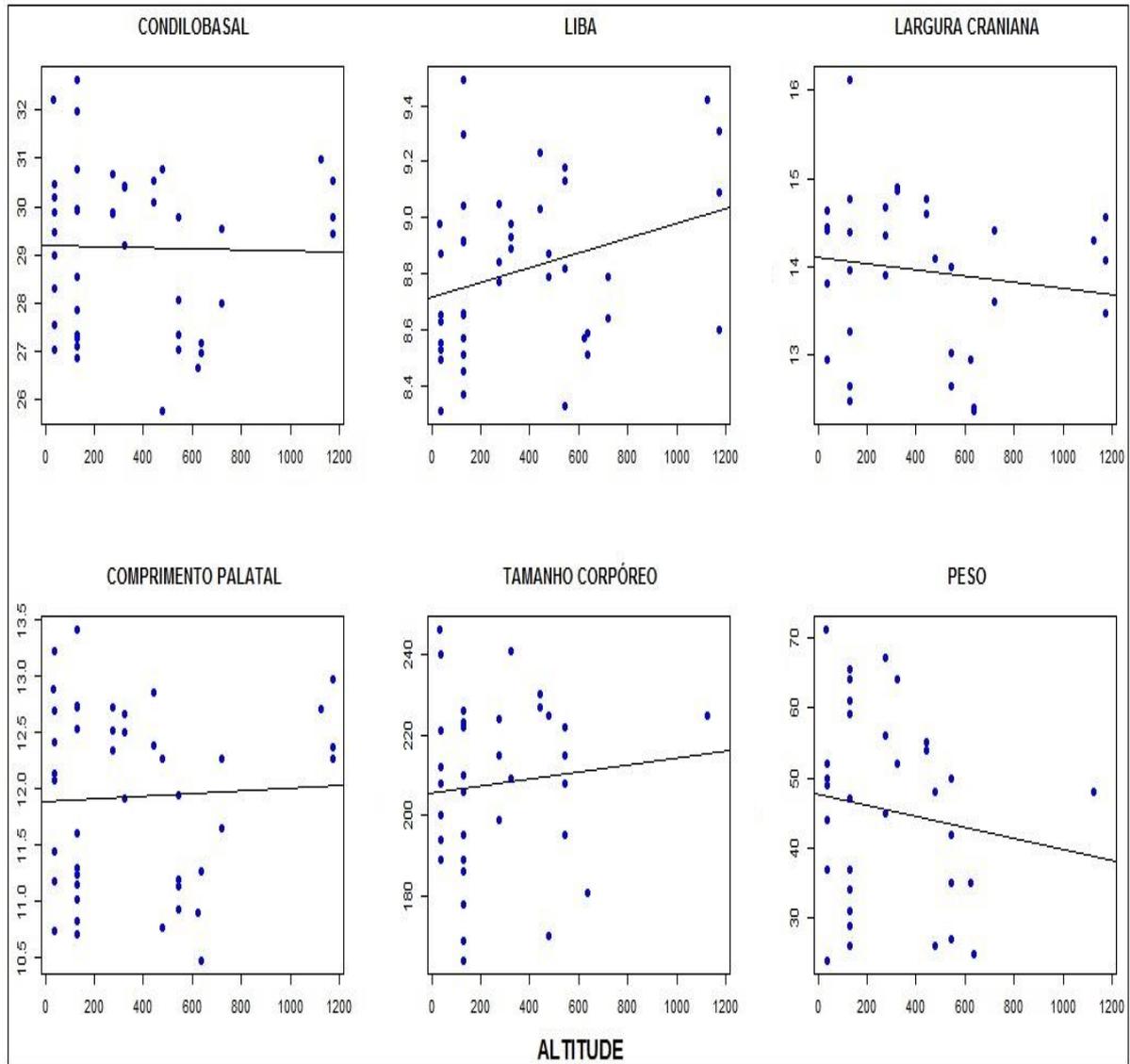


Figura 5 - Correlação entre as variáveis morfológicas de machos de *Akodon cursor* de populações do Espírito Santo com a altitude das localidades de ocorrência.



4. DISCUSSÃO

O estudo de Ashton *et al.* (2000) demonstra corroborar com a regra de Bergmann sendo uma tendência geral em mamíferos: tamanho corpóreo de 71% das espécies de mamíferos é positivamente correlacionado com a latitude, e 75% mostram uma correlação negativa com a temperatura. No entanto, uma análise mais aprofundada desses dados mostrou que apenas 26% das espécies de aves e 30% das espécies de mamíferos tinha mais de 50% da variação no tamanho corpóreo explicado pela altitude, temperatura e latitude.

Meire *et al.* (2004) em uma análise independente de 67 espécies de carnívoros mostrou que nenhuma espécie tinha mais de 50% da variação no tamanho do corpo explicado por relações positivas entre tamanho corpóreo e altitude e latitude. Os resultados do presente estudo diferem de Ashton *et al.* (2000) revelando que não há um padrão quanto à regra Neo-Bergmanniana pelas variáveis estudadas.

Segundo Blackburn *et al.* (1999) e Rodríguez *et al.* (2008) existem alguns mecanismos que procuram explicar a variação corpórea com latitude, altitude e temperatura:

4.1 Hipótese da conservação de calor:

Maior tamanho corpóreo pode permitir que espécies ocupem maiores latitudes e altitudes pelo fato destas, aumentarem a conservação de calor através da maior área de superfície para razão de seu volume. Esse é o tradicional mecanismo para explicação da regra de Bergmann (BLACKBURN *et al.*, 1999). James (1970) notou que variação no tamanho corpóreo intraespecífico foi melhor relacionado para temperaturas úmidas quentes do que para temperaturas secas quentes. Assim, indivíduos vivendo em ambientes quentes e úmidos são menores do que indivíduos vivendo em ambientes quentes mais secos.

Isso sugere que tamanho corpóreo varia em resposta a demanda de se manter resfriado, em vez de se manter quente, uma vez que indivíduos vivendo em ambientes quentes secos podem ter vantagem em resfriamento evaporativo, cedendo calor para que a água evapore, enquanto indivíduos vivendo em ambiente quentes úmidos podem somente se manter resfriados diminuindo sua taxa de produção de calor. Essa ideia foi testada por Smith *et al.* (1995) para tentar explicar a variação de tamanho corpóreo com clima em *Neotema spp.* Como evidência para a vantagem de uma menor massa corpórea em climas mais quentes, os autores mostraram que a maior temperatura decresce com a massa corpórea em *Neotema cinera*.

O presente trabalho analisou espécimes de *Akodon cursor* distribuídas ao longo do estado do Espírito Santo, que é altamente influenciado pela massa tropical Atlântica (mTa) fazendo com que o clima seja quente e úmido

(BORSATO & MENDONÇA, 2012), além disso, o clima é mais úmido no litoral pela proximidade com o oceano e decresce à medida que a altitude aumenta (SILVA, 2013). No entanto, o presente trabalho não encontrou indícios de que há diferença no tamanho corpóreo dos *Akodon cursor* ao longo do gradiente altitudinal e de temperatura analisados, não corroborando, portanto, a hipótese de James (1970) de que os indivíduos tendem a ser menores em temperaturas quentes e úmidas.

4.2 Hipótese da habilidade de migração

Pequena massa corpórea é associada com uma baixa habilidade de dispersão. Espécies de pequena massa são pouco representativas em altas latitudes e altitudes porque elas falham em se dispersar para essas latitudes e altitudes tão frequente quanto as espécies de grande massa possuem (BLACKBURN *et al.*, 1999). Em pássaros, por exemplo, há evidência que migrantes tendem a ter tamanho corpóreo mais largos e a viverem ao norte dos não-migrantes (BLACKBURN & GASTON, 1996; MEIRI & DAYAN, 2003). Porém, mesmo a menor espécie de ave pode migrar grandes distâncias, e essa hipótese é pouco provável de ocorrer.

Essa hipótese dificilmente se aplica a *Akodon cursor* pois não há indícios de migração na espécie. *Akodon cursor* ocorre em pequenos fragmentos florestais (LESSA *et al.*, 1999) e os indivíduos são exclusivamente terrestres (PREVEDELLO *et al.*, 2008) apresentando alcance individual de 0,1 a 0,7 hectares (ha), sendo que essa variação não apresenta correlação com a estação do ano, não havendo indícios de migração (GENTILE *et al.*, 1997).

4.3 Hipótese dos Recursos disponíveis

A disponibilidade de alimentos parece ser fator também modulador do tamanho corpóreo (ROSENZWEIG, 1968). É indicado que o tamanho corpóreo seja proporcional a duração do pulso de produtividade em diferentes latitudes, uma vez que abundância sazonal libera os indivíduos das limitações impostas pela disponibilidade de recursos, quer seja pela escassez de recursos (altas latitudes) ou competição pelo recurso (baixas latitudes), e assim lhes permite crescer em um tamanho maior. Na América do Norte a tendência do tamanho corpóreo na espécie *Canis lupus* está em conformidade com a regra Neo-

Bergmanniana até latitudes de 60-65 ° N, mas passa a não estar em latitudes mais altas. Estas tendências estão relacionadas com a duração da produtividade anual de alimentos, onde o tamanho do corpo é uma função da disponibilidade de alimentos (GEIST, 1987).

Alternativamente, ambientes fortemente sazonais podem ser explorados por relativamente poucas espécies, que podem adquirir mais dos recursos disponíveis, e então crescer a um maior tamanho corpóreo (ZEVELOFF & BOYCE, 1988). Tamanho populacional de *Akodon cursor* de fragmentos florestais da Reserva Poço das Antas, aumentaram significativamente após queimadas. Nos trabalhos de Feliciano *et al.* (2002) e Figueiredo & Fernandez (2004), essas queimadas foram atribuídas como causas para o aumento da reprodução, bem como para a disponibilidade de alimentos. Uma vez que a dieta deste animal é onívora-insetívora, e a queimada favorece ao aumento de invertebrados da serapilheira. No presente trabalho, o maior número de indivíduos está situado próximos ao nível do mar (entre 31 e 36 m), e considerando que a abundância de alimentos seja maior nesses locais, não há indícios que o tamanho corpóreo de *Akodon cursor* seja modulado pelos alimentos disponíveis.

4.4 Hipótese Filogenética

Maiores massas corpóreas em altitudes e latitudes mais altas podem ser resultado de uma vantagem seletiva de características acidentalmente relacionadas com a massa corpórea. Porém, essa hipótese é pouco provável pelas análises filogenéticas controladas por pássaros, anfípodas e isópodas que mostram evidência para a regra de Bergmann (BLACKBURN *et al.*, 1999). A relação significativamente positiva entre massa corpórea e altitude e latitude dentro desses táxons é uma consequência da associação da evolução independente de um grande número de táxons e então é pouco provável que surja através de uma relação acidental entre a massa e outras características vantajosas em latitudes mais altas.

Embora a hipótese filogenética não apresente força para serem confirmadas como hipóteses para explicar a conformidade ou não com a regra, nos roedores Sigmodontinae, ela aparenta ser a mais plausível. No estudo de Maestri *et al.*

(2016), os diferentes clados de Sigmodontinae mostraram padrões de distribuição biogeográfica complementares. Diferentes tribos exibem diferenças na média de massa corpórea, e cada tribo possui um grande número de espécies em uma região geográfica particular do continente, então, locais com baixas latitudes e altitudes tem espécies de média corporal maior do que espécies de mais altas latitudes e altitudes.

Como a assembleia de mamíferos da América do Sul é dominada por uma impressionante fauna de Rodentia com baixas massas corpóreas, a ausência de um gradiente de massa corpórea que está de acordo com as expectativas de Bergmann parece ser um resultado lógico (MAESTRI *et al.* 2016). Além disso, a dominância de roedores é profundamente enraizada no processo de colonização de mamíferos da América do Sul.

Segundo Maestri *et al.* (2016) esses roedores mostram que esses processos históricos ligados a distribuição de suas linhagens pela América do Sul afetaram o padrão de variação geográfica e as variáveis ecológicas, apresentando padrões de massa corpórea altamente dependentes de relações filogenéticas entre assembleias de roedores neotropicais. Dessa forma, a ausência do efeito esperado pela regra de Bergmann pode também ser resultado de uma diferença de distribuição biogeográfica pela América do sul. Clados contendo espécies com maiores pesos médios podem ser parte da mesma comunidade, simplesmente devido a processos históricos, como dispersão e vicariância, o que pode ter gerado os padrões de massa corpórea observados.

O gênero *Akodon* aparenta estar de acordo com a proposição de Maestri *et al.* (2016) pois a espécie *Akodon montensis* possui menores medidas morfométricas e está situado em maior latitude e altitude e enfrenta menores temperaturas do que *Akodon cursor* (GEISE *et al.*, 2005). De uma perspectiva histórica, padrões biogeográficos exibidos por linhagens Sigmodontinae são muito complexos, devido às incertezas que as relações filogenéticas entre espécies e a grande diversidade ligada a radiação adaptativa a vários hábitos e regiões apresenta (PARDIÑAS *et al.*, 2002; SCHENK *et al.*, 2013).

Os dados do presente estudo se assemelham a Meiri & Dayan (2003), que propõe que a regra de Bergmann é válida para pássaros e mamíferos em

diferentes níveis taxonômicos, embora em linhagens de roedores e outros táxons mamíferos que pesem entre 4 e 500g, não estariam em conformidade com a regra de Bergmann, enquanto outros táxons mamíferos estariam em conformidade. Conforme Adams & Church (2007), Ashton & Feldman (2003) e Balčiauskas *et al.* (2014) após as análises estatísticas das variáveis morfométricas com a temperatura mínima e a altitude, os resultados não são congruentes para afirmar que as fêmeas e machos de *Akodon cursor* estejam em conformidade com a regra de Neo-Bergmanniana.

5. CONCLUSÃO

Os dados não foram significativos para que *Akodon cursor* esteja em conformidade com a regra de Bergmann (Neo-Bergmanniana). Em geral, os resultados obtidos neste trabalho sugerem que temperatura mínima e altitude não são fatores determinantes para o tamanho corporal e suas variáveis correlacionadas (CC, CAM, FCID, FCIE, LIBA, LC, CP, FCIME, FCIMD) em *Akodon cursor*.

Estudos que investiguem a aplicação da regra de Bergmann em diferentes níveis taxonômicos – nível intraespecífico ou interespecífico – que utilizem essas combinações de variáveis ambientais são importantes, pois, podem fornecer resultados mais robustos, que ajudem a compreender a conformidade da regra de Bergmann para diferentes táxons.

6. REFERÊNCIAS

- ADAMS, D.C. & CHURCH, J.O. (2007) **Amphibians do not follow Bergmann's rule**. *Evolution*, 62,413-420
- ASHTON, K.G., TRACY, M.C. & DE QUEIROZ, A. (2000) **Is Bergmann's rule valid for mammals?** *American Naturalist*, 156, 390-415.
- ASHTON, K.G. (2002) **Patterns of within-species body size variation of birds: strong evidence for Bergmann's rule**. *Global Ecology and Biogeography*, 11, 505-523.
- ASHTON, K. G. & FELDMAN, C. R. (2003) **Bergmann's rule in nonavian reptiles: turtles follow it, lizards and snakes reverse it**. *Evolution*, 57, 1151-1163.
- ASHTON, K. (2004) **Sensitivity of Intraspecific Latitudinal Clines of Body Size for Tetrapods to Sampling, Latitude and Body Size**. *Integrative and Comparative Biology*, 44, 403-412.
- BALČIAUSKAS, L., BALČIAUSKIENĖ, L. & TIMM, U. (2014) **Bergmann's rule for Neomys fodiens in the middle of the distribution range**. *Central European Journal of Biology*, 9, 1147-1154.
- BLACKBURN, T.M. & GASTON, K.J. (1996) **Spatial patterns in the geographic range sizes of bird species in the New World**. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 351, 897-912.
- BLACKBURN, T.M., GASTON, K.J. & LODER, N. (1999) **Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule**. *Diversity and Distribution*, 5, 165-174.
- BELK, M.C. & HOUSTON, D.D. (2002) **Bergmann's rule in ectotherms: a test using freshwater fishes**. *The American Naturalist*, 160,803-808.
- BERGMANN, C. (1847) **Ueber die verhaältnisse der waärmeökonomie der thiere zu ihrer gröösse**. *Göttinger studien*, 3, 595-708.
- BORSATO, V. A. & MENDONÇA, F. A. (2012) **A Participação da Massa Tropical Atlântica no Estado do Tempo no Centro Sul do Brasil**. *Revista Geonorte*, 5,293-304.
- COTGREAVE, P. (1994) **Migration, body-size and abundance in bird communities**. *Ibis*, 136, 493-496.
- CUSHMAN, J.H., LAWTON, J.H. & MANLY, B.F.J. (1993) **Latitudinal patterns in European ant assemblages: variation in species richness and body size**. *Oecologia*, 95, 30-37.
- FELICIANO, B. R., F. A. S. FERNANDEZ, D. FREITAS, & M. S. L. FIGUEIREDO. (2002) **Population dynamics of small rodents in a grassland among fragments of Atlantic Forest in southern Brazil**. *Mammalian Biology*, 67,304-314.
- FIGUEIREDO, M. DE S. L., & F. A. S. FERNANDEZ. (2004) **Contrasting effects of fire on populations of two small rodent species in fragments of Atlantic Forest in Brazil**. *Journal of Tropical Ecology*, 20,225-228.
- FIRKOWSK, R. C (2011) **A Evolução da miniaturização em *Brachycephalus* (Anura: *Brachycephalidae*)**. Monografia. Universidade Federal do Paraná, Paraná, Brasil.
- FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E. & AGUIAR, A.V. (2008) **Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no estado do Paraná**. *Revista de Estudos Ambientais*,10, 49-64.

- GEISE, L. (1995) **Os roedores Sigmodontinae (Rodentia, Muridae) do Estado do Rio de Janeiro. Sistemática, citogenética distribuição e variação geográfica.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- GEISE, L., MORAES, D.A. & SILVA, H.S. (2005) **Morphometric differentiation and distributional notes of three species of *Akodon* (Muridae, Sigmodontinae, Akodontini) in the Atlantic coastal area of Brazil.** Arquivos Museu Nacional, 63,63-74.
- GEISE, L. (2012) ***Akodon cursor* (Rodentia:Cricetidae).** American Society of Mammalogists, 44,33-43.
- GEIST, V. (1987) **Bergmann's rule is invalid.** Canadian Journal of Zoology, 65, 1035-1038.
- GENTILE, R., P. S. D'ANDREA, & R. CERQUEIRA. (1997) **Home range of *Philander frenata* and *Akodon cursor* in a Brazilian Restinga (coastal shrubland).** Mastozoologia Neotropical, 4,105-112.
- GENTILE, R., P. S. D'ANDREA, R. CERQUEIRA, & L. S. MAROJA. (2000) **Populational dynamics and reproduction of marsupials and rodents in a Brazilian rural area: a five-year study.** Studies in Neotropical Fauna and Environment 35,1-9.
- GERAGHTY, M.J., DUNN, R.R. & SANDERS, N.J. (2007) **Body size, colony size, and range size in ants (Hymenoptera: Formicidae): are patterns along elevational and latitudinal gradients consistent with Bergmann's Rule? Myrmecological News, 10, 51-58.**
- GITTLEMAN, J.L. (1985) **Carnivore body size-ecological and taxonomic correlates.** Oecologia, 67,540-554.
- HAWKINS, B.A. (1995) **Latitudinal body size gradients for the bees of the eastern United States.** Ecological Engineering, 20, 195-198.
- HAWKINS, B.A. & DEVRIES, P.J. (1996) **Altitudinal gradients in the body sizes of Costa Rican butterflies.** Acta Oecologia, 17, 185-194.
- IMEES (1993) **Informações municipais do Estado do Espírito Santo. Vitória: Secretaria de Estado de Ações Estratégicas e Planejamento, Departamento Estadual de Estatística. 808p.**
- JAMES, F.C. (1970) **Geographic size variation in birds and it's relationship to climate.** Ecology, 51, 365-390.
- LESSA, G., P. R. GONCALVES, M. M. M. JUNIOR, F. M. COSTA, R. F. FERREIRA, & A. P. PAGLIA. (1999) **Caracterização e monitoramento da fauna de pequenos mamíferos terrestres de um fragmento de mata secundária em Viçosa, Minas Gerais.** Bios, Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas da PUC Minas, 7,41-49.
- MAESTRI, R., LUZA, L.A., DE BARROS, L. D., HARTZ, M.S., FERRARI, A., DE FREITAS, O.R.T. & DUARTE, S.D.L. (2016) **Geographical variation of body size in sigmodontine rodents depends on both environment and phylogenetic composition of communities.** Journal of Biogeography, 43, 1192-1202.
- MATIAS, N. R., ALVES, M. L. M., ARAUJO, M. L., & JUNG, D. M. H. (2011) **Variação morfométrica em *Bothropoides jararaca* (Serpentes, Viperidae) no Rio Grande do Sul.** Iheringia. Série Zoologia, 101, 275-282.
- MAYR, E. (1963). **Animal species and evolution.** Harvard, University Press, Cambridge, Mass, 21, 387-389.

- MCNAB, B.K. (1971) **On the ecological significance of Bergmann's rule.** Ecology, 52, 845-854.
- MEISE, W. (1938). **Ueber parallel geographische Variation in der Vogelwelt Ostasiens.** The Ninth International Ornithology Congress, 3, 233-248.
- MEIRI, S. & DAYAN, T. (2003) **On the validity of Bergmann's rule.** Journal of Biogeography, 30, 331-351.
- MEIRI, S., DAYAN, T. & SIMBERLOFF, D. (2004) **Carnivores, biases and Bergmann's rule.** Biological Journal of the Linnean Society, 81, 579-588.
- MEIRI, S., YOM-TOV, Y. & GEFFEN, E. (2007) **What determines conformity to Bergmann's rule?** Global Ecology and Biogeography, 16, 788-794.
- MEIRI, S. (2011) **Bergmann's Rule – what's in a name?** Global Ecology and Biogeography, 20, 203-207.
- MITTERMEIER, R. A., MYERS, N., GIL, P. R. & MITTERMEIER, C. G. **HOTSPOTS (1999) Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions.** Conservation International and Agrupacion Sierra Madre, Monterrey, Mexico. 430p.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B. & KENT, J. (2000) **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature, 403, 853-858.
- MUKAKA, M.M. (2012) **Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research.** Malawai Medical Journal. 24, 69-71.
- NANIWADEKAR, R. & VASUDEVAN, K. (2007) **Patterns in diversity of anurans along an elevational gradient in the Western Ghats, South India.** Journal of Biogeography, 34, 842-853.
- NAVAS, C.A. (2003) **Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology.** Comparative Biochemistry and Physiology A, 133, 469-485.
- NUNES, G. T., MANCINI, P. L. & BUGONI, L. (2016) **When Bergmann's rule fails: evidences of environmental selection pressures shaping phenotypic diversification in a widespread seabird** Ecography, 39, 01-11.
- PARDIÑAS, U.F.J., D'ELÍA, G. & ORTIZ, P.E. (2002) **Sigmodontinos fossiles (Rodentia, Muroidea, Sigmodontinae) de América del Sur: estado actual de su conocimiento y prospectiva.** Mastozoologia Neotropical, 9, 209-252.
- PREVEDELLO, J. A., P. FERREIRA, B. S. PAPI, D. LORETTO, & M. V. VIEIRA. (2008) **Uso do espaço vertical por pequenos mamíferos no Parque Nacional Serra dos Órgãos, RJ: um estudo de 10 anos utilizando três métodos de amostragem.** Espaço e Geografia, 11,95-119.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2014) **R: a language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>
- RAHBEK, C. (2005) **The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns.** Ecology Letters, 8, 224-239.
- RAND, A. (1936) **Results of the Archbold expeditions: Altitudinal variation in New Guinea birds.** American Museu Novitates, 890, 1-14.
- RAY, C. (1960) **The application of Bergmann's and Allen's rules to the poikilotherms.** Journal of Morphology, 106, 85-108.

- RENSCH, B. (1938) **Some problems of geographical variation and species formation.** Proceedings of the Linnean Society of London, 150, 275-285.
- RODRIGUEZ, M.A., OLALLA-T ARRAGA, M.A. & HAWKINS, B.A. (2008) **Bergmann's rule and the geography of mammal body size in the Western Hemisphere.** Global Ecology and Biogeography, 17, 274-283.
- ROSENZWEIG, M.L. (1968) **The strategy of body size in mammalian carnivores.** American Midland Naturalist, 80, 299-315.
- SCHENK, J.J., ROWE, K.C. & STEPPAN, S.J. (2013) **Ecological opportunity and incumbency in the diversification of repeated continental colonizations by murid rodents.** Systematic Biology, 62, 837-864.
- SILVA, M.G (2013) **A zona de convergência do atlântico sul e a precipitação pluvial do município de Vila Velha (ES): repercussões sobre as inundações.** Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, Brasil.
- SMITH F. A., BETANCOURT J. L. & BROWN J. H. (1995) **Evolution of body size in the woodrat over the past 25,000 years of climate change.** Science, 270, 2012-2014.
- SMITH, F.A., BROWNING, H. & SHEPHERD, U.L. (1998) **The influence of climate change on the body mass of woodrats *Neotoma* in an arid region of New Mexico, USA.** Ecology, 21, 140-148.
- SNOW, D. W. (1954) **Trends in geographical variation in the Palearctic members of the genus *Parus*.** Evolution, 8, 19-28.
- TRIBE, C. J. (1996) **The neotropical rodent genus *Rhipidomys* (Cricetidae: Sigmodontinae): a taxonomic revision.** Tese de Doutorado, University of London. 1996.
- ZEVELOFF, S.I. & BOYCE, M.S. (1988) **Body size patterns in North American mammal faunas.** Evolution of life histories of mammals (M.S. Boyce), 123-146.

7. APÊNDICES

Apêndice I

Material analisado do Espírito Santo:

Águia Branca Longitude/Latitude/Altitude (-40.786/-18.874/444m)

6 ♀ (UFES-MAM 168, 260, 266, 268) (YL 459, 480) 2 ♂ (UFES-MAM 258, 267);

Cariacica Longitude/Latitude/Altitude (-40.513/-20.281/545m)

4 ♂ (UFES-MAM 548, 549, 550, 551);

Castelo Longitude/Latitude/Altitude (-41.083/-20.516/314m)

1 ♀ (UFES-MAM 2549) 4 ♂ (UFES-MAM 2587, 2592, 2593, 2608);

Domingos Martins Longitude/Latitude/Altitude (-40.966/-20.400/1175m)

3 ♀ (UFES-MAM 943, 944, 946);

Governador Lindenberg Longitude/Latitude/Altitude (-40.480/-19.260/274m)

3 ♂ (UFES-MAM 933, 934, 935);

Guarapari Longitude/Latitude/Altitude (-40.511/ - /314m)

3 ♀ (UFES-MAM 2806, 2807, 2813);

Ibitirama Longitude/Latitude/Altitude (-41.731/-20.396/1172m)

4 ♀ (UFES-MAM 1003), (LGA 1579, 1580, 1586) 6 ♂ (UFES-MAM 1002, 1005, 1006, 1121), (LGA 1583, 1595);

Itaguaçu Longitude/Latitude/Altitude (-40.768/-19.804/718m)

3 ♂ (UFES-MAM 1622, 1633, 1888);

Muqui Longitude/Latitude/Altitude (-41.254/-21.013/622m)

1 ♂ (UFES-MAM 1660);

Santa Teresa Longitude/Latitude/Altitude (-40.527/-19.965/636m)

2 ♀ (UFES-MAM 899, 900) 4 ♂ (UFES-MAM 1204, 1605, 1913, 1962);

São José Do Calçado Longitude/Latitude/Altitude (-41.979/-21.042/323m)

2 ♂ (UFES-MAM 2310, 2311) 1 NA (UFES-MAM 2305);

Serra Longitude/Latitude/Altitude (-40.307/ - / 141m)

1 ♀ (UFES-MAM 2371);

Viana Longitude/Latitude/Altitude (-40.472/-20.359/31m)

21 ♀ (UFES-MAM 763, 765, 768, 769, 772, 777, 778, 783, 784, 787, 788, 789, 1929, 1932, 1933, 1936, 1937, 1938, 1941, 1943, 1944) 22 ♂ (UFES-MAM 764, 766, 767, 770, 771, 773, 779, 780, 781, 782, 785, 786, 832, 833, 834, 1928, 1931, 1934, 1939, 1940, 1942, 1945) 1 NA (UFES-MAM 776).

Apêndice II

Gráficos de correlações simples das variáveis morfológicas com o tamanho corpóreo (CCC) e peso (PESO) de *Akodon cursor*, que exibiram correlação positiva e significância estatística.

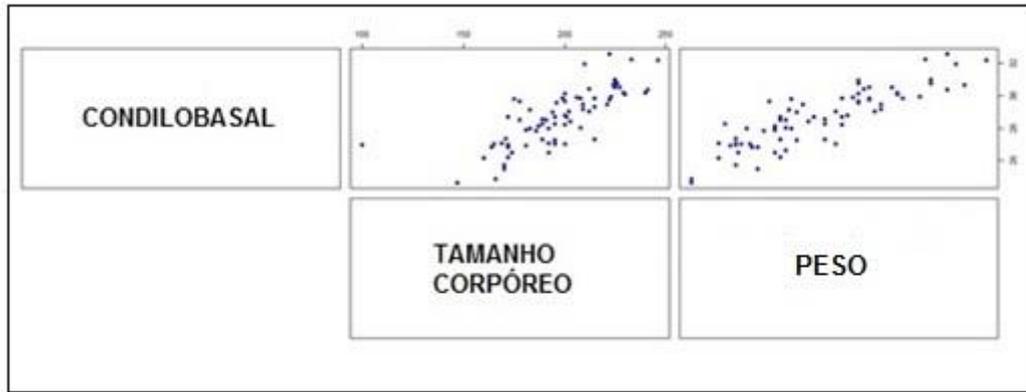


Figura I – Correlação entre Condilobasal com Tamanho corpóreo e Peso

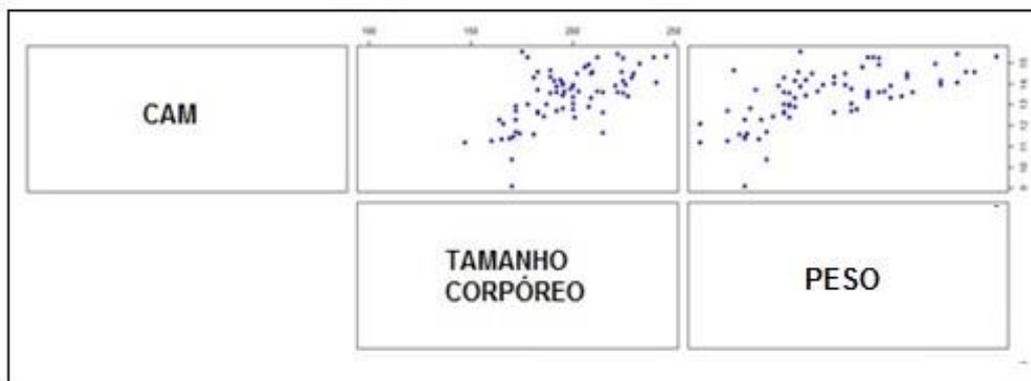


Figura II – Correlação entre Comprimento Angular da Mandíbula com Tamanho Corpóreo e Peso

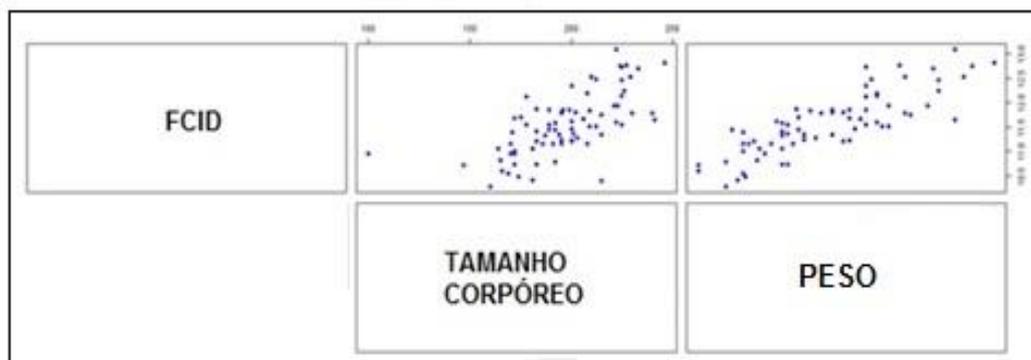


Figura III – Correlação entre Fileira de dentes da Mandíbula direita e incisivo com Tamanho corpóreo e Peso

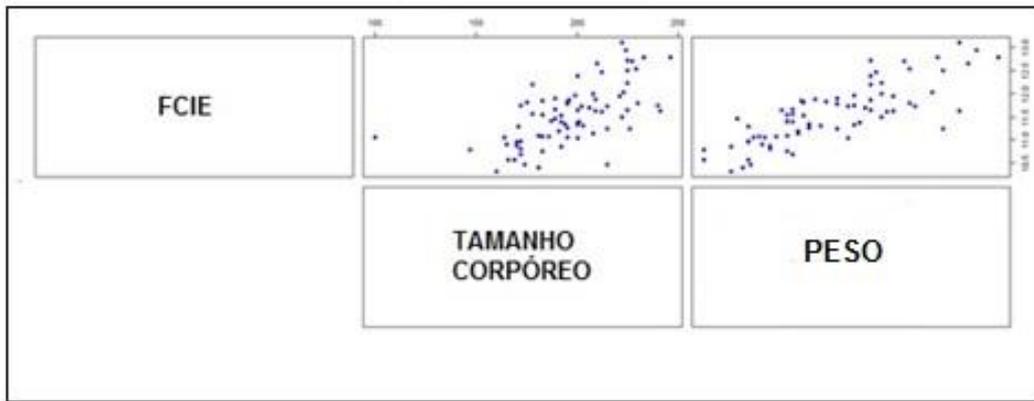


Figura IV – Correlação entre Fileira de dentes da Mandíbula esquerda e incisivo com Tamanho corpóreo e Peso

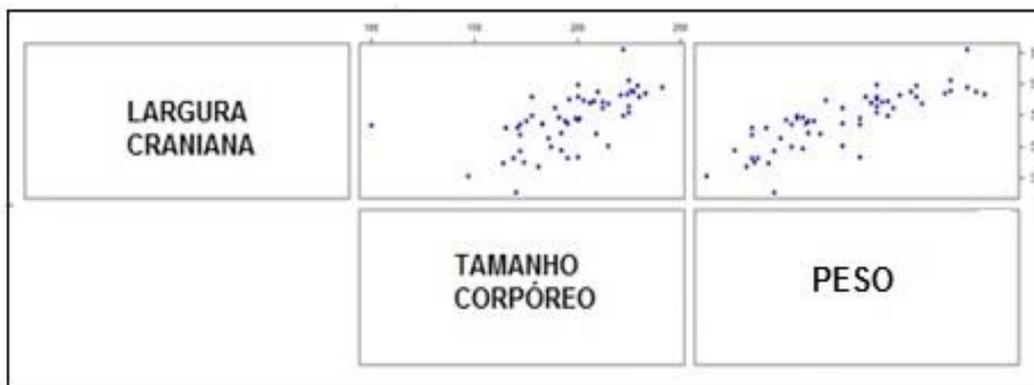


Figura V –Correlação entre Largura Craniana com Tamanho corpóreo e Peso

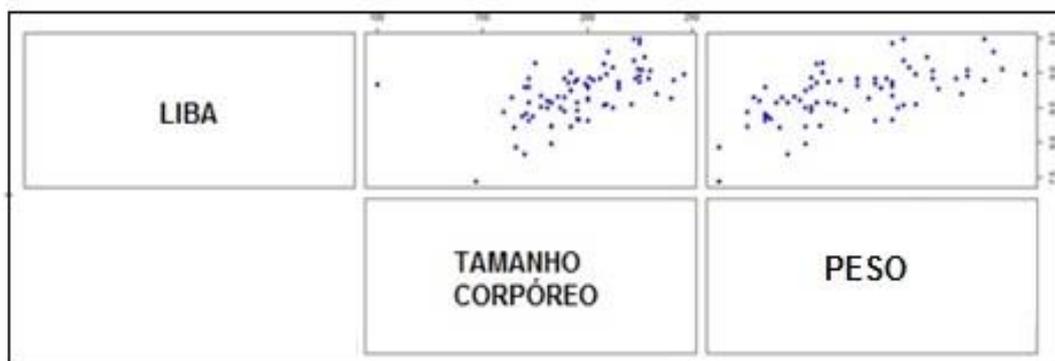


Figura VI – Correlação entre Bulas Auditivas com Tamanho corpóreo e Peso

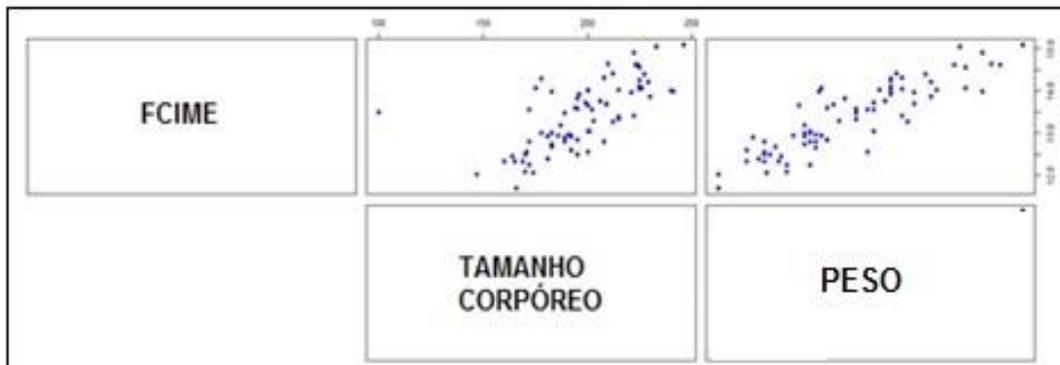


Figura VII – Correlação entre Fileira de dentes da Maxila esquerda e incisivo com Tamanho corpóreo e Peso

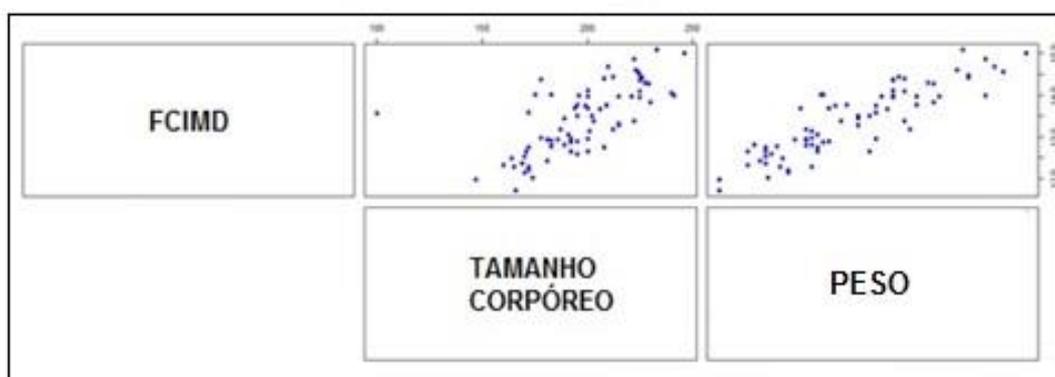


Figura VIII - Correlação entre Fileira de dentes da Maxila direita e incisivo com Tamanho corpóreo e Peso

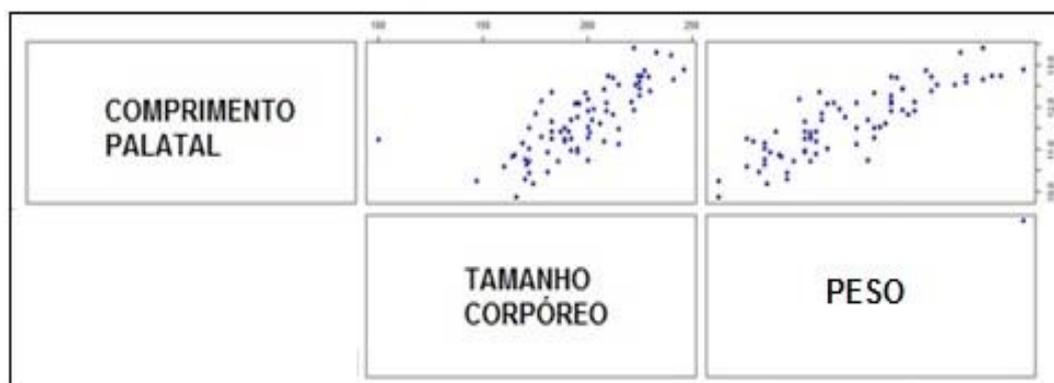


Figura IX – Correlação entre Comprimento Palatal x Tamanho corpóreo e Peso.