



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS
DA VIDA E DA NATUREZA (ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ECOLOGIA E
BIODIVERSIDADE**

**APLICABILIDADE DAS REGRAS DE BERGMANN E ALLEN A HUMANOS:
UM ESTUDO EM AMOSTRAGEM LATINO-AMERICANA**

RICARDO LEQUITO MONSORES JUNIOR

Foz do Iguaçu
2018

**APLICABILIDADE DAS REGRAS DE BERGMANN E ALLEN A HUMANOS:
UM ESTUDO EM AMOSTRAGEM LATINO-AMERICANA**

RICARDO LEQUITO MONSORES JUNIOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Gleisson Alisson Pereira Brito

RICARDO LEQUITO MONSORES JUNIOR

APLICABILIDADE DAS REGRAS DE BERGMANN E ALLEN A HUMANOS:

UM ESTUDO EM AMOSTRAGEM LATINO-AMERICANA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Gleisson Alisson Pereira de Brito
UNILA

Profa. Dra. Danúbia Frasson Furtado
UNILA

Prof. Dr. Hermes José Schmitz
UNILA

Foz do Iguaçu, _____ de _____ de _____.

Dedico este trabalho aos meus pais que
tanto batalharam por mim...

MONSORES, Ricardo Lequito Junior. **Aplicabilidade das regras de Bergmann e Allen a humanos**: um estudo em amostragem latino-americana. 2018. 64 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas – Ecologia e Biodiversidade) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2018.

RESUMO

Certas condições ambientais podem configurar estresses que devem ser controlados de forma a manter a homeostase do organismo. A ocupação de amplas áreas geográficas exige adaptações locais tanto na morfologia quanto em processos fisiológicos, com diversas evidências sugerindo que muitos traços da espécie humana evoluíram em decorrência de pressões exercidas por alterações climáticas, ambientais e nos estilos de vida das populações. As regras ecológicas de Bergmann e Allen indicam um padrão observado a partir de grandes escalas geográficas, no qual espécies endotérmicas tendem a apresentar medidas corporais que minimizam a perda de calor em locais mais frios e que aceleram a dissipação de calor em climas mais quentes. A regra de Bergmann apresenta generalizações com respeito ao tamanho corporal de organismos, expondo que organismos que habitam ambientes de clima frio tendem a possuir maior massa corporal que aqueles habitantes de climas quentes. A regra de Allen é um complemento da regra de Bergmann, que evidencia extremidades menores e robustas em indivíduos de áreas mais gélidas, e membros mais finos e longos para indivíduos em climas quentes. A antropometria é uma forma de avaliar quantitativamente as variações morfológicas entre populações. Medidas básicas do corpo humano como estatura, estatura sentado, distância bi-íliaca e massa corporal apresentam grande variação nas populações e são dados informativos que apresentam associações com aspectos de nutrição, saúde e com padrões ecológicos. O presente estudo teve como objetivo verificar a aplicabilidade das regras de Bergmann e Allen como fator explicativo para a variação morfológica em amostra latino-americana, investigando a relação das variáveis antropométricas com as latitudes e variáveis de temperatura dos locais onde os indivíduos experienciaram a maior parte de seu desenvolvimento ontogenético. De acordo com os resultados obtidos existe variação no tamanho e forma do corpo dentro do território da América Latina. Entretanto somente a variável distância biacromial sustentou a regra de Bergmann na amostra nas análises de regressão com latitude, temperatura média anual e temperatura mínima

anual, todas no hemisfério sul. Todos os outros resultados significativos sugerem que ocorre um padrão inverso ao das regras investigadas. Fatores como restrições do tamanho amostral, representatividade de diferentes latitudes, limitações geográficas e climáticas particulares da posição do continente, singular processo de colonização e independência dos países latino-americanos, bem como os efeitos da modernidade e tendência secular podem ter contribuído para os desvios dos padrões esperados na amostra.

Palavras-chave: Adaptação. América Latina. Antropometria. Latitude. Temperatura.

MONSORES, Ricardo Lequito Junior. **Applicability of Bergmann and Allen's rules to humans**: a study in a latin american sampling. 2018. 64 pages. Undergraduate thesis (Graduation in Biological Sciences - Ecology and Biodiversity) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2018.

ABSTRACT

Some environmental conditions can create stresses that must be controlled in order to maintain the body's homeostasis. To inhabit large geographic areas, it is required adaptations in both morphology and physiological processes, and several traits of the human species are understood to have evolved as a result of pressures exerted by climate alteration, as well as environment and lifestyle changes over time. The ecological rules of Bergmann and Allen indicate a standard observed in large geographic scales where endothermic species usually show off body measurements that minimize heat loss in colder locations and accelerate heat dissipation in warmer climates. Bergmann's rule presents generalizations regarding on the body size of organisms, stating that organisms that inhabit cold climate environments tend to have greater body mass when compared to individuals inhabiting areas of warm climates. Allen's rule is a complement to Bergmann's rule, which shows shorter, more robust extremities in individuals living in colder areas, and thinner and longer limbs for individuals in hot climates. Anthropometry aims to collect data of several dimensions of the human body through various techniques, and its use in scientific studies informs us quantitatively about the morphologic variations among populations. Basic measurements of the human body such as stature, sitting height, bi-iliac distance and body mass vary greatly in population and are informative data that show associations with aspects of nutrition, health and ecological standards. The present study aimed to verify the applicability of Bergmann and Allen's rules as an explanatory factor for the morphological variation in a Latin American sample, investigating the relation of the anthropometric variables with the latitudes and temperature variables of the places where the individuals experienced the majority of its ontogenetic development. According to the results obtained, there is variation in the size and shape of the body within the territory of Latin America. However, only the biacromial distance variable supported the Bergmann's rule in the sample in the regression analyzes with latitude, mean annual temperature and annual minimum temperature in the southern hemisphere. All other significant results

suggested that there is an inverse pattern to the rules investigated. Factors such as sample size constraints, representativeness of different latitudes, geographical and climatic constraints of the continent's position, the unique process of colonization and independence of the Latin American countries, as well as the effects of modernity and secular tendency may have contributed to deviations from the expected patterns in the sample.

Key words: Adaptation. Anthropometry. Latin America. Latitude. Temperature.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Modelo de interação entre estresse ambiental e adaptação humana (adaptado de STOCK, 2018) | 20 |
| Figura 2 – Relação entre ambiente e expressão de fenótipos (adaptado de SULTAN 2000) | 21 |
| Figura 3 – Comparação entre área de superfície e volume de um cubo, ilustrando a regra de Bergmann (adaptado de O’NEIL, 2012)..... | 23 |
| Figura 4 – Comparação entre área de superfície e volume de diferentes formas geométricas (adaptado de O’NEIL, 2012) | 23 |
| Figura 5 – O modelo cilíndrico da termorregulação humana proposto por Ruff (adaptado de RUFF, 1991) | 25 |
| Figura 6 – Posições geográficas dos indivíduos amostrados na América Latina..... | 35 |
| Figura 7 – Regressão linear das análises gerais. A) Latitudes absolutas com comprimento do fêmur. B) Amplitude térmica com comprimento do fêmur..... | 39 |
| Figura 8 – Regressão linear das análises do hemisfério sul. A) Latitudes negativas com estatura. B) Latitudes negativas com distância biacromial. C) Latitudes negativas com comprimento do rádio. D) Latitudes negativas com comprimento do fêmur. E) Latitudes negativas com comprimento da tíbia..... | 40 |
| Figura 9 – Regressão linear das análises do hemisfério norte. A) Latitudes positivas com estatura. B) Latitudes positivas e comprimento do rádio..... | 41 |
| Figura 10 – Regressão linear das análises no hemisfério sul. A) Temperatura média anual com distância biacromial. B) Temperatura mínima anual com distância biacromial..... | 41 |
| Figura 11 – Regressão linear das análises no hemisfério sul. A) Amplitude térmica com comprimento do rádio. B) Amplitude térmica com índice braquial..... | 42 |
| Figura 12 – Regressão linear das análises no hemisfério norte. A) Amplitude térmica com comprimento do rádio. B) Amplitude térmica com comprimento do fêmur. C) Amplitude térmica com comprimento da tíbia. D) Amplitude térmica com estatura sentado relativa..... | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Faixas latitudinais, países presentes e número de indivíduos amostrados..... | 34 |
| Tabela 2 – Resultados das análises de regressão linear simples. Valores de p e r^2 das variáveis em negrito são significativos..... | 44 |
| Tabela 3 – Resultados das análises de regressão linear simples. Valores de p e r^2 das variáveis em negrito são significativos. | 45 |
| Tabela 4 – Resultados das análises de regressão linear simples. Valores de p e r^2 dos índices em negrito são significativos. | 46 |
| Tabela 5 – Resultados das análises de regressão linear simples. Valores de p e r^2 das variáveis em negrito são significativos. | 47 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 APLICABILIDADE DAS REGRAS DE BERGMANN E ALLEN A HUMANOS | 21 |
| 1.2 VARIAÇÃO LATITUDINAL E CLIMÁTICA NA AMÉRICA LATINA | 26 |
| 1.3 VARIAÇÃO CLIMÁTICA E LATITUDINAL E MECANISMOS FISIOMETABÓLICOS ... | 27 |
| 1.4 ANTROPOMETRIA..... | 30 |
| 1.5 ADAPTAÇÕES MORFOLÓGICAS EM UM CONTEXTO EVOLUTIVO | 30 |
| 1.6 ESTRESSORES ABIÓTICOS ADICIONAIS QUE PROMOVEM ADAPTAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS | 31 |
| 1.7 O IMPACTO DAS MUDANÇAS CULTURAIS SOBRE A ADAPTAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA HUMANA - A TENDÊNCIA SECULAR..... | 31 |
| 2 OBJETIVOS | 33 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL..... | 33 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 33 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 33 |
| 3.1 AMOSTRA | 33 |
| 3.2 ENTREVISTA..... | 34 |
| 3.3 DADOS GEOCLIMÁTICOS | 35 |
| 3.4 VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS | 36 |
| 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS..... | 38 |
| 4 RESULTADOS..... | 38 |
| 5 DISCUSSÃO | 47 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 52 |
| REFERÊNCIAS | 53 |
| APÊNDICES..... | 59 |

1 INTRODUÇÃO

Certas condições ambientais podem configurar estresses que devem ser controlados de forma a manter a homeostase do organismo. É neste sentido que a área da biologia humana investiga a adaptabilidade humana, estudando a flexibilidade biológica das populações humanas. Esta é uma tarefa difícil, uma vez que a espécie humana modifica grandemente seu entorno por meio de estratégias culturais (BAKER, 1988; KORMONDY & BROWN, 2002).

Nos últimos anos um grande número de estudos tem focado na compreensão da variação da morfologia em relação a diferentes condições abióticas e disponibilidade de recursos (BOCK, 1994; HARCOURT, 2012). Hoje entende-se que as variações morfológicas intraespecíficas encontradas na natureza se originam de associações entre a estrutura genética da espécie, as condições ambientais e a plasticidade fenotípica permitida pelo genótipo do indivíduo (SULTAN, 2000; ALBERT et al., 2011), sendo que as pressões seletivas do hábitat ditam os traços que são favorecidos por proporcionarem melhor *fitness* (GONZALEZ-SUAREZ et al., 2013).

O processo de expressão de fenótipos que responde a alterações de variáveis ambientais é chamado de norma de reação (STEARNS, 1989). Em seres humanos podem ser diferenciados quatro tipos fundamentais de adaptabilidade (Figura 1). A primeira linha de defesa é baseada em diferentes ajustes comportamentais, culturais e avanços tecnológicos que nos permitem habitar ambientes mesmo com condições extremas para nossa espécie. Se o estresse ambiental não foi totalmente contido, respostas fisiológicas de curto prazo e temporárias são ativadas, de modo a manter a homeostase, processo conhecido como aclimatação. Nesse tipo de adaptação, como exemplo, podemos citar pessoas que residem próximas ao nível do mar recém chegadas a ambientes de altitude. Nos primeiros dias elas apresentam dificuldade para respirar, mas que no decorrer de um período de tempo esses problemas são amenizados por ajustes fisiológicos temporários os quais, ao retornar para baixos níveis de altitude, serão revertidos (HARCOURT, 2012). O terceiro tipo denomina-se adaptação ontogenética, e é dado quando o estresse é contínuo durante o crescimento e desenvolvimento do indivíduo, de forma que determinadas características em resposta ao ambiente são irreversíveis. Indivíduos nativos de altitudes elevadas apresentam dimensões maiores de tórax além de pulmões mais desenvolvidos, características que não podem ser alcançadas somente por aclimatação (LEONARD, 2015). Finalmente, adaptações

genéticas ocorrem por resultado de diferenças nas taxas de sobrevivência e reprodução, causando alterações em frequências gênicas na população (STEARNS, 1989; STOCK, 2008).

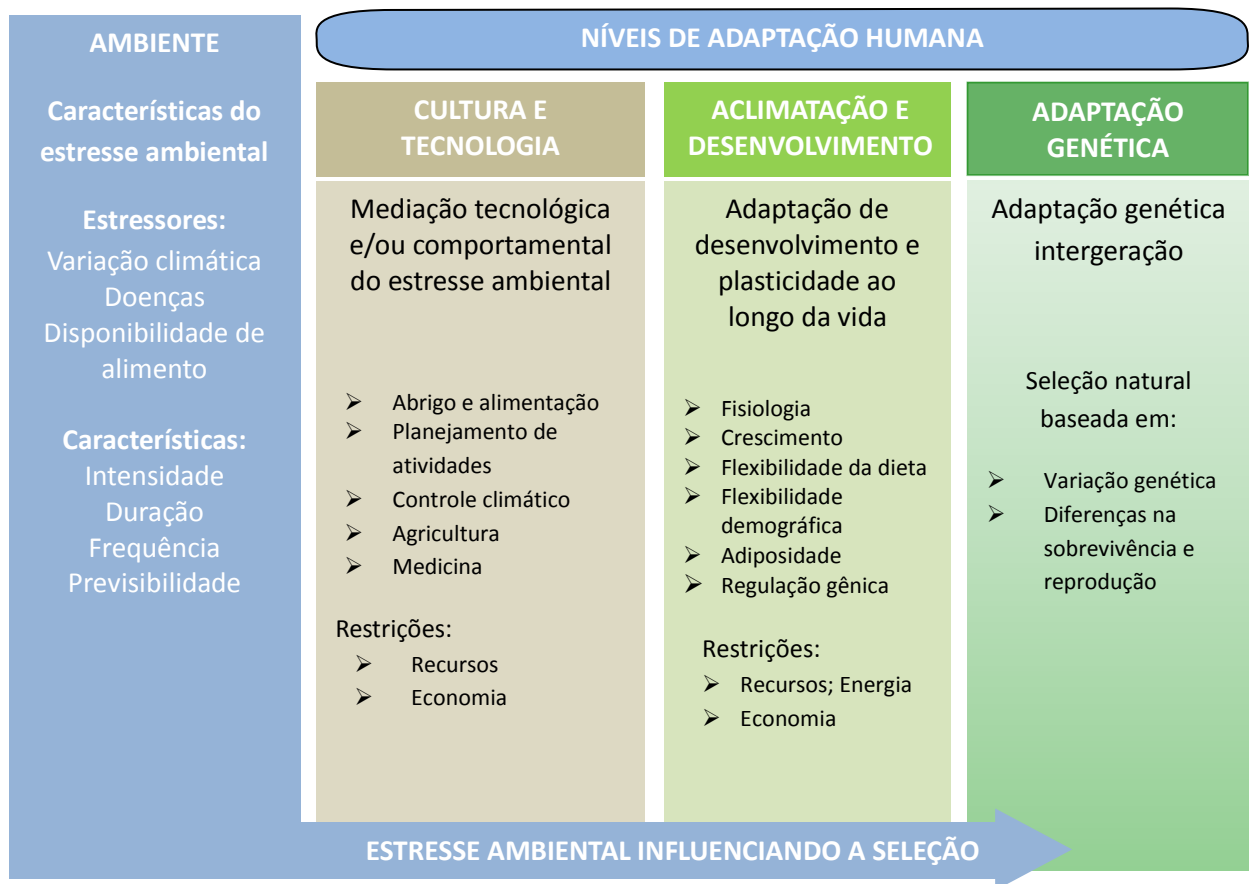


Figura 1: Modelo de interação entre estresse ambiental e adaptação humana (Adaptado de STOCK, 2008).

A plasticidade fenotípica reflete os processos evolutivos que possibilitam às espécies explorarem diferentes nichos a partir da expressão de diferentes traços morfofisiológicos, os quais proporcionam valores adaptativos mais vantajosos em habitats específicos (Figura 2) (SULTAN, 2000; BOLNICK et al., 2003). A ocupação de amplas áreas geográficas exige adaptações tanto na morfologia como em processos fisiológicos e hoje diversos traços da espécie humana são entendidos como tendo evoluído em decorrência de pressões exercidas por alterações climáticas, ambientais e nos estilos de vida no decorrer do tempo (NEVES, 2006; deMENOCA, 2011).

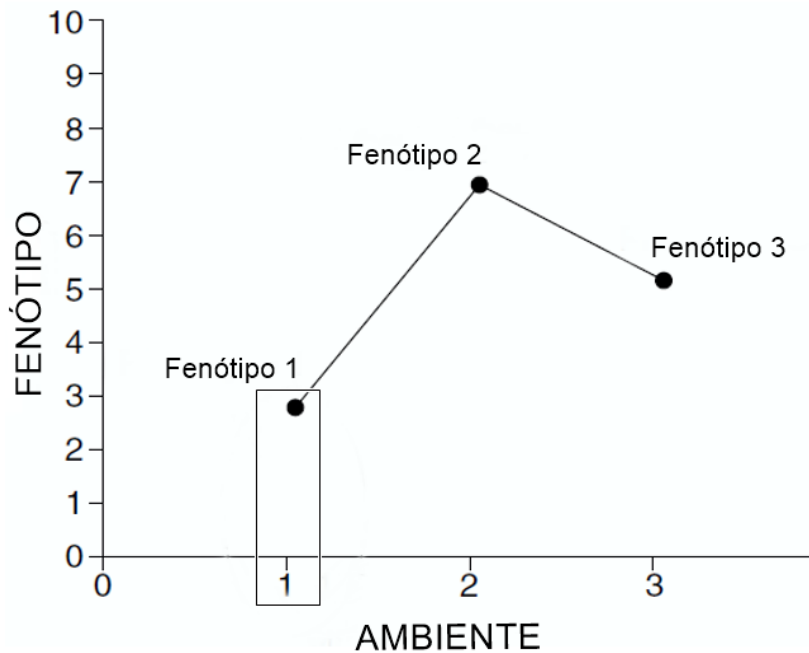


Figura 2: Relação entre ambiente e expressão de fenótipos (Adaptado de SULTAN, 2000).

Uma distribuição clinal de um traço significa que ocorre mudança gradual na frequência de um genótipo ou fenótipo, formando um gradiente dentro da área de distribuição geográfica do táxon (LEWIS et al., 2012). A variação latitudinal apresenta fortes padrões que podem ser observados em espécies amplamente distribuídas pelo globo, mesmo em diferentes continentes (FABIAN & KAPUN, 2013). A existência de um fluxo gênico constante entre populações próximas permite o estabelecimento de clinas ecogeográficas que são reflexos de pequenos ajustes adaptativos, em escalas locais menores, em resposta a um gradiente maior de condições adversas (MAYR, 1956; RUFF, 1991).

1.1. APLICABILIDADE DAS REGRAS DE BERGMANN E ALLEN A HUMANOS

Muito da compreensão dessas adaptações morfológicas em populações humanas se deram pela constatação da adequação das regras ecológicas de Bergmann e Allen (ROBERTS, 1953), sendo possível verificar uma distribuição clinal no tamanho e forma do corpo em indivíduos de diferentes latitudes, apresentando adaptações a diferentes variações térmicas para responder eficientemente ao estresse ambiental (SUNDAY et al., 2010; FOSTER & COLLARD, 2013).

As regras ecológicas de Bergmann e Allen indicam um padrão observado a partir de grandes escalas geográficas, no qual espécies endotérmicas tendem a apresentar medidas corporais que minimizam a perda de calor em locais mais frios e que aceleram a dissipação de calor em climas mais quentes (JAMES, 1970; KORMONDY & BROWN, 2002; RICKLEFS, 2010). Entretanto Harcourt (2012) sugere o termo “efeito” ao invés de “regra”, uma vez que a constatação destes padrões não é universal nas investigações do tema.

A regra de Bergmann apresenta generalizações com respeito ao tamanho corporal de organismos, expondo que organismos que habitam ambientes de clima frio tendem a possuir maior massa corporal, quando em comparação com indivíduos que habitam áreas de climas quentes (FOSTER & COLLARD, 2013).

A regra de Allen é um complemento da regra de Bergmann, que evidencia extremidades menores e robustas em indivíduos de áreas mais gélidas, e membros mais finos e longos para indivíduos em climas quentes. Esse efeito pode ser observado, por exemplo, em membros superiores e inferiores, orelhas ou caudas de indivíduos endotérmicos (KURKI et al., 2008; HARCOURT, 2012).

Esses padrões são abordados em uma perspectiva Darwinista, onde o tamanho e a forma de corpos de indivíduos numa população acarretam vantagens diretas e indiretas com respeito ao ambiente em questão (DINIZ-FILHO, 2009; ROSEMAN & AUERBACH, 2015). O tamanho do corpo e suas extremidades se adaptam para uma maior ou menor exposição ao ambiente, de forma a manter proporções de troca de calor que sejam mais favoráveis de acordo com o ambiente ocupado. Essas adaptações são refletidas na relação área de superfície/volume, pois a área superficial tende a aumentar com o quadrado do comprimento e o volume tende a crescer com o cubo do comprimento (RICKLEFS, 2010; FOSTER & COLLARD, 2013). Na Figura 3 são ilustrados dois cubos de tamanhos diferentes a fim de representar a regra de Bergmann: enquanto a área de superfície do cubo maior é quatro vezes maior que a do cubo menor, seu volume se torna oito vezes maior.

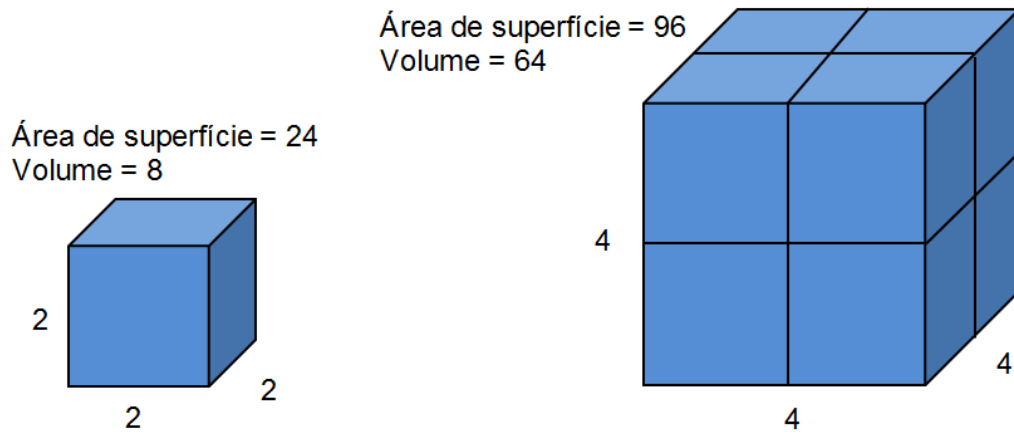


Figura 3: Comparação entre área de superfície e volume de um cubo, ilustrando a regra de Bergmann (Adaptado de O'NEIL, 2012).

Na Figura 4 é ilustrada a regra de Allen: modificando a forma geométrica, sem a necessidade de alterar seu volume, é possível se obter uma maior área de superfície.

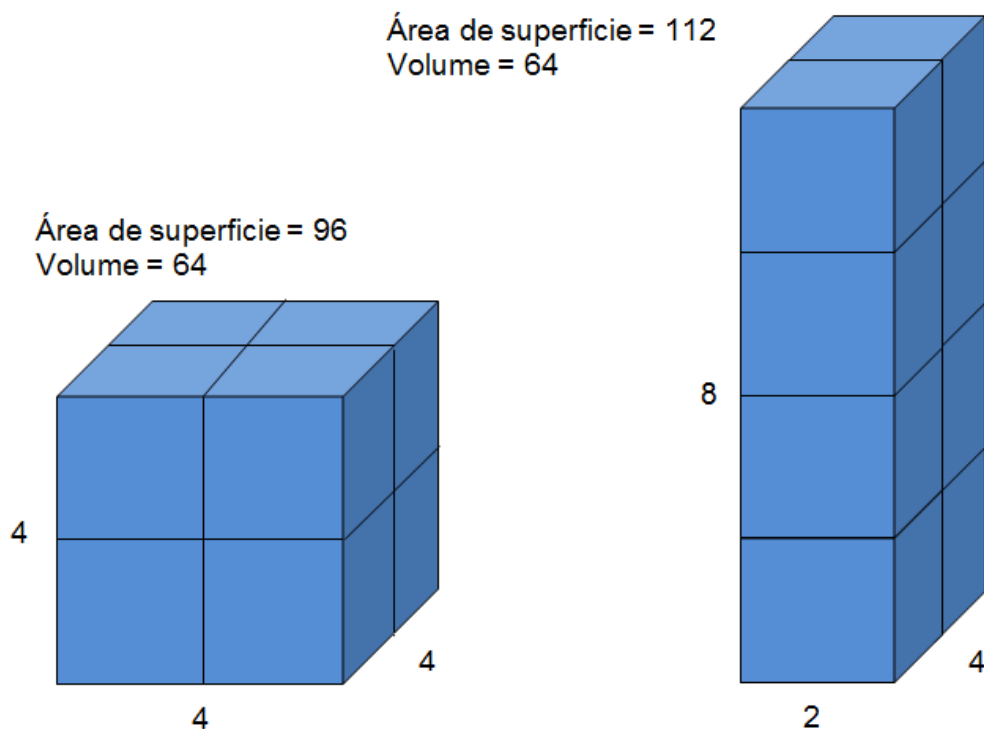


Figura 4: Comparação entre área de superfície e volume de diferentes formas geométricas (Adaptado de O'NEIL, 2012).

Para espécies de climas frios, maior massa corporal, menor estatura, extremidades menores e mais robustas reduzem a área de superfície para troca de calor, como também elevam a massa de tecido produtor de calor (YOUNG, 2007; KURKI et al., 2008). Desta forma os animais dessas áreas perdem menos calor por unidade de volume, podendo manter um ambiente interno constante mais facilmente (SCHREIDER, 1950), pois uma área de superfície 1/5 menor corresponde à uma redução de 4 vezes na perda de calor (FRISANCHO, 1993). Para indivíduos em ambientes mais quentes, menor massa corporal e extremidades mais finas e alongadas proporcionam maior área de superfície para troca de calor, tornando-se mais eficiente e diminuindo o risco de sobreaquecimento (RUFF, 1991; RICKLEFS, 2010; HARCOURT, 2012).

Mesmo com todas as nossas adaptações tecnológicas e culturais, o padrão esperado por ambos os efeitos apresentados é observado em seres humanos, de forma até mais expressiva do que em outras espécies (KATZMARYK & LEONARD, 1998). Em 1953, Derek Roberts descobriu em seus estudos uma tendência de indivíduos de latitudes com menores temperaturas médias anuais a possuírem maior massa corporal do que indivíduos de áreas mais quentes. Mais tarde constatou que indivíduos de latitudes maiores possuíam braços e pernas menores em relação ao tamanho do tronco, estimado pela mensuração da estatura sentado. O inverso foi observado em latitudes menores. Assim Roberts demonstrou que o efeito Allen também era verificado em humanos (ROBERTS, 1953; HARCOURT, 2012).

Desde que Roberts demonstrou que existe uma distribuição clinal de proporções corpóreas com relação à temperatura, diversas linhas de estudo foram iniciadas para compreender quais estruturas na morfologia humana são de fato adaptadas às variáveis climáticas (ROBERTS, 1953).

Christopher Ruff, em 1991, propôs um modelo no qual comparava as medidas do corpo humano com as de um cilindro, onde a largura do cilindro correspondia à distância bi-ilíaca e a altura do cilindro representava a estatura humana (Figura 5). Assim ele conseguiu demonstrar que para manter a mesma razão de área de superfície por volume alterando a altura, a largura deve permanecer constante. Logo, para alterar a relação de área de superfície por volume, a largura precisa ser modificada. Em concordância com esse modelo, populações em climas mais frios apresentam maiores distâncias bi-ilíacas, possuindo corpos mais amplos, a fim de manter uma baixa relação área de superfície por volume, independente da altura. Populações de climas mais quentes apresentam distâncias bi-ilíacas menores, facilitando a dissipação de calor, além

de grande variação na altura. Ruff também salientou que dentro de regiões climáticas similares existe pouca variação na distância bi-ilíaca, favorecendo a constância da razão área de superfície por volume para a termorregulação (RUFF, 1994).

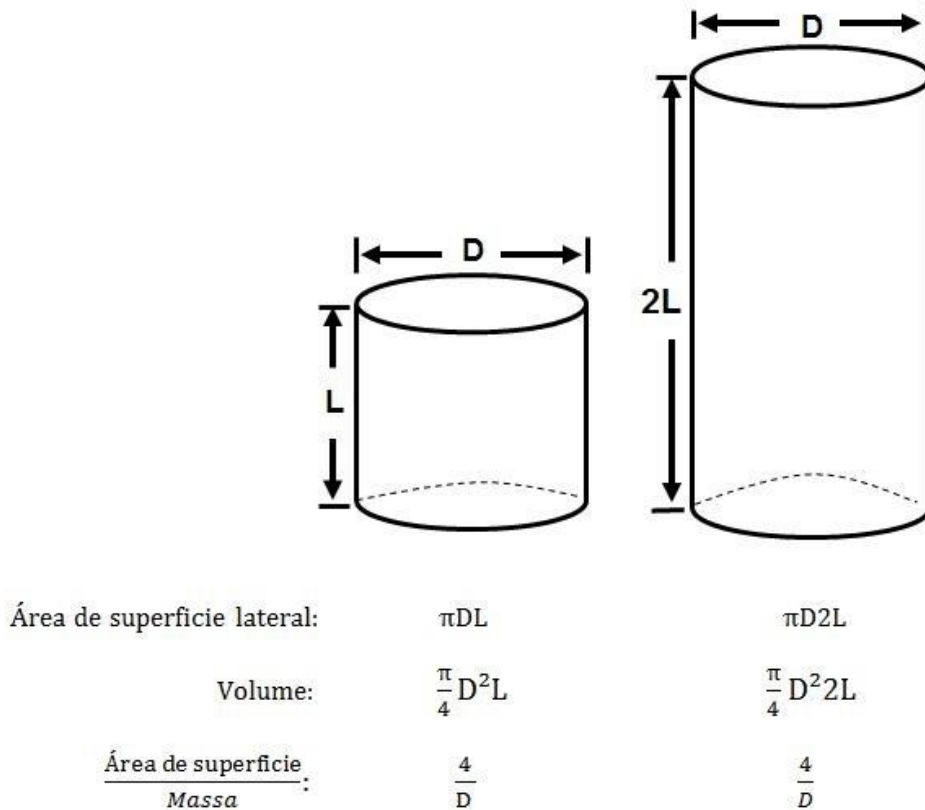


Figura 5: O modelo cilíndrico da termorregulação humana proposto por Ruff (Adaptado de RUFF, 1991).

A morfologia cranial, muito utilizada no estudo da evolução humana, também é influenciada pelo clima, sendo observados crânios maiores em climas mais frios. A forma da face também tem sido relacionada com aspectos de climas mais frios, principalmente em populações do ártico (HARVATI & WEAVER, 2006). Conjuntamente, a abertura orbital apresenta correlação com condições climáticas, onde homens de menores latitudes e climas mais quentes possuem aberturas maiores do que homens de climas mais frios (TOMASZEWSKA et al., 2015). A morfologia da cavidade nasal varia com as condições de temperatura e pressão de vapor. Em climas frios e secos o contato entre o ar e a mucosa é ampliado pela maior área de superfície por volume da cavidade nasal, maior e mais estreita do que as observadas em climas quentes e úmidos (NOBACK

& HARVATI, 2011).

Frederick Foster e Mark Collard (2013) publicaram um trabalho que ressaltava problemas metodológicos nas análises de diversos trabalhos anteriores, referentes à adequação da regra de Bergmann a humanos. Eles questionavam a desproporcionalidade amostral de países de climas quentes e do hemisfério norte. Para contornar essa disparidade nos dados, as análises foram refeitas estratificando as latitudes e analisando cada hemisfério separadamente. Como em outros estudos, o padrão global foi suportado, incluso na análise estratificada. Entretanto a análise isolada por hemisférios só corroborava o efeito no hemisfério norte. Três possibilidades poderiam ter contribuído para esses resultados. O primeiro diz respeito às populações do hemisfério sul sofrerem menor pressão na termorregulação do que o hemisfério norte, com a migração tardia em partes do hemisfério sul as populações podem não ter tido tempo suficiente para se adaptarem. Outro fator é a de que a massa continental do hemisfério norte é maior, e que as amostras no estudo é compreendida desde 0° até 70° de latitude, enquanto as amostras no hemisfério sul vai desde a linha do equador até somente 40° de latitude. Isso implica em efeitos nas intensidades de temperaturas experimentadas pelos indivíduos nesses diferentes hemisférios. A amplitude térmica no hemisfério norte é de 43°C, enquanto que no hemisfério sul é de somente 24°C. Além disto, enquanto a média anual de temperatura no hemisfério sul tem a menor temperatura em 4°C, no hemisfério norte a menor é de -13°C na média. Assim, os autores apontam a reduzida amplitude de temperatura e/ou a ausência de temperaturas negativas mais intensas como explicações para a falta de enquadramento dos indivíduos do hemisfério sul ao padrão que pode ser observado no hemisfério norte e na análise global. Os autores concluem que para o efeito ser observado deve existir uma diferença mínima de 50° latitude e/ou 30°C de temperatura entre os grupos a serem analisados.

1.2. VARIAÇÃO LATITUDINAL E CLIMÁTICA NA AMÉRICA LATINA

A América Latina possui uma grande gama de regimes climáticos devido à sua ampla extensão latitudinal, desde aproximadamente 30° de latitude norte até 56° de latitude sul (BROUILLETTE & VALENTI, 1975). Essa diversificação climática é dada pela presença de diferentes formas de relevos, altitudes, cobertura vegetal não homogênea, além do fato dos países da região serem banhados por dois diferentes oceanos: a leste pelo oceano Atlântico e a oeste pelo Pacífico (REBOITA et al., 2012).

Com respeito à latitude, grande parte da extensão da América Latina se encontra logo abaixo da linha do Equador, o que confere a prevalência de características tropicais nessa área (NOGUEIRA, 2015). Entretanto, abaixo do Trópico de Capricórnio e gradualmente até os países localizados no extremo sul do continente, o clima tropical é substituído por um clima mais temperado (BROUILLETTE & VALENTI, 1975).

O clima tropical é caracterizado por sua estabilidade térmica anual e estações do ano sem alterações marcantes, com temperaturas médias anuais que variam entre 25°C e 28°C (BROUILLETTE & VALENTI, 1975). Em maiores altitudes, tomando como exemplo Quito, a média é mais fria, com temperaturas variando próximo aos 13°C. Já em San Carlos de Bariloche as médias no ano variam entre 14,3°C em janeiro e 2,5°C em julho, segundo dados do *Climate-Data.org*.

Neste contexto, a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, localizada na cidade de Foz do Iguaçu, é especialmente interessante para o estudo deste tema, uma vez que é composta por estudantes de diferentes nacionalidades, fornecendo um centro de integração cultural e proporcionando uma grande oportunidade de avaliar se as regras de Bergmann e Allen podem ser observadas em indivíduos adultos jovens, oriundos de diferentes regiões da América Latina.

1.3. VARIAÇÃO CLIMÁTICA LATITUDINAL E MECANISMOS FISIOMETABÓLICOS DE REGULAÇÃO DA TEMPERATURA CORPORAL

De forma geral, as variações sazonais de temperatura tendem a ser menores próximas à linha do Equador e são mais pronunciadas em direção aos polos (SUNDAY et al., 2010). Essas variações térmicas induzem diversas adaptações nos organismos, e um dos padrões verificados em relação às diferenças latitudinais é a variação no tamanho e forma corporal de endotérmicos.

Na natureza podemos encontrar diversas formas de adaptações relacionadas com o ambiente e a relação entre área de superfície e volume é apenas uma delas. É importante se ter em mente que essas adaptações têm efeitos cumulativos e não anulam o benefício uma da outra (RUFF, 1991; HOLLIDAY, 1997).

A variação de temperatura que o centro do corpo pode sofrer sem que haja danos graves varia entre pouco menos de 36,6°C a pouco mais que 40°C, enquanto o exterior corpóreo pode chegar a temperaturas abaixo de 0°C até temperaturas que

causam lesões por queimaduras (GUYTON, 2011). Quando tratamos do modo como o corpo humano responde às variações de temperatura, devemos levar em consideração a quantidade de calor produzida pelo corpo e a temperatura do ambiente. O metabolismo do organismo sempre resulta em produção de calor, enquanto que as formas de troca de calor entre a superfície corporal e o ambiente podem resultar em ganho ou perda de calor. Trocas de calor por condução, convecção e radiação podem representar ganhos ou perdas de calor, enquanto a evaporação sempre resulta em perda de calor. Logo, o corpo se encontra em homeostase somente se existe um equilíbrio no balanço de produção e perda de calor entre o corpo do indivíduo e o ambiente (KORMONDY & BROWN, 2002).

A adaptação fisiológica mais eficiente em resposta ao estresse causado pelo calor é o suor. O suor é um ultrafiltrado do plasma, composto de água e eletrólitos e é liberado por glândulas sudoríparas especializadas que são contabilizadas em mais de um milhão de glândulas ativas (KORMONDY & BROWN, 2002; BRAZ, 2005).

Uma das adaptações observadas em seres humanos que habitam regiões de temperaturas mais frias é referente ao metabolismo basal mais alto do que indivíduos dos trópicos. Ademais, quando expostos ao estresse de frio mais intenso a resposta de aumento do metabolismo basal para manter a homeostase é mais acelerada do que indivíduos de climas mais quentes. Populações de latitudes mais altas também apresentam temperatura da pele mais elevada do que pessoas de baixas latitudes (FRISANCHO, 1993; HARCOURT, 2012; LEONARD, 2015). De modo semelhante, a eficiência da fosforilação oxidativa nas mitocôndrias e a produção de calor é diferenciada entre os polos e o equador, demonstrando mais uma vez a variação latitudinal do controle fisiometabólico da temperatura interna (RUIZ-PESINI et al., 2004).

A termorregulação também pode ser diferenciada entre sexos. Mulheres apresentam menores taxas metabólicas e menor relação de área de superfície por volume do que o sexo masculino (GARN et al., 1953; RUFF, 1994). Desse modo, mulheres têm um metabolismo mais eficiente energeticamente, além de possuir uma conservação de calor maior (HARCOURT, 2012).

Abordando mais uma evidência da parcela genética na constituição do tamanho e forma do corpo, desde o período intrauterino já é possível observar diferenças nas proporções de membros em fetos, como também compará-los entre grupos ecogeográficos (SCHULTS, 1923; SYMCHYCH, 2016).

Os mecanismos de vasoconstrição induzidas pelo frio para conservar a temperatura corpórea, bem como a vasodilatação para dissipação mais eficiente de calor são mecanismos termorreguladores bem entendidos na literatura (GUYTON, 2011). Experimentos realizados em animais com a preocupação de manter as variáveis ambientais controladas nos permitiram entender melhor como a parcela ambiental influencia a modelagem das proporções corpóreas.

A pesquisadora Maria Serrat realizou diferentes experimentos para testar como a temperatura do ambiente pode influenciar o crescimento de ossos em ratos. Um dos experimentos utilizou 95 ratos em fase de crescimento que foram mantidos por 8,5 semanas em três tipos de temperatura: 7°C, 21°C e 27°C. O estudo tinha como objetivo avaliar o crescimento de ossos e suprimento sanguíneo em exposição crônica à alta e baixa temperatura. No estudo foram analisados: 1. a morfometria dos ratos ao final do experimento; 2. se os níveis de atividade e alimentação foram alterados e como influenciou o crescimento; 3. se houve diferença no fornecimento sanguíneo nos ossos longos nas diferentes temperaturas; e 4. cultura de metatarso em diferentes temperaturas para excluir as demais variáveis como nutrientes e fatores de crescimento. Serrat pôde concluir que a temperatura teve um efeito direto na alongação óssea, como previsto no efeito de Allen. O mesmo foi observado no crescimento do metatarso, onde a temperatura pôde diretamente modular o crescimento tecidual através do tamanho e proliferação celular, como também da matriz extracelular. Entretanto, o fluxo sanguíneo não pôde ser totalmente relacionado com o crescimento ósseo: em temperaturas baixas houve uma associação com redução de fluxo sanguíneo ósseo e o encurtamento do osso, enquanto nas temperaturas mais quentes houve grande faixa de variação nos tamanhos para realizar uma associação. Como possíveis explicações a pesquisadora apontou que a temperatura mais quente empregada pode não ter sido alta o suficiente para promover uma correlação mais forte, citando que outros estudos já empregaram temperaturas mais elevadas. Também ressalta a possibilidade de haver um limiar de temperatura quente para a alongação, já que o padrão em si foi encontrado na morfometria, mas não uma correlação com a alongação óssea e fluxo sanguíneo nas temperaturas mais quentes, dado que o fluxo sanguíneo é um importante fator para um crescimento ósseo regular (BRODIN, 1955; SERRAT, 2007).

Em outro experimento da mesma pesquisadora, ratos em fase de crescimento foram expostos unilateralmente a uma temperatura de 40°C, 40 minutos por dia, durante 14 dias. Foi observado aumento nas estruturas do lado direito do corpo dos

ratos submetidos à alta temperatura, como orelhas, fêmur e tíbia. O lado esquerdo dos ratos não evidenciou aumento, acarretando em assimetria entre os lados esquerdos e direitos dos ratos (SERRAT et al., 2015).

1.4. ANTROPOMETRIA

A antropometria tem como finalidade a coleta de dados das várias dimensões do corpo humano através de diversas técnicas (SANTOS, 1997) e seu uso em estudos científicos nos informa quantitativamente as variações entre as populações estudadas (BARRETO & MATHOG, 1999; CAMERON, 2013). Medidas básicas do corpo humano como estatura, estatura sentado, distância bi-ilíaca e massa corporal apresentam grande variação nas populações e são dados informativos que apresentam associações com aspectos de nutrição, saúde e com padrões ecológicos. As proporções corporais são de valor especial nos estudos com populações humanas por apresentarem também variações relacionadas com dados climáticos.

Geralmente a informação proporcionada por índices oferece mais significado para uma explicação biológica do que somente a obtenção de uma medida absoluta do corpo (HARCOURT, 2012). Índices antropométricos como comprimento do rádio em proporção ao úmero (índice braquial) e comprimento da tíbia em proporção ao fêmur (índice crural) demonstram que habitantes de latitudes maiores apresentam partes distais de braços e pernas menores que as partes proximais (RUFF, 1994; HOLLIDAY, 1997). A análise antropométrica comparativa entre populações permite investigar a existência de padrões em diversas áreas do conhecimento, como da saúde, fisiologia e morfologia adaptativa ou história da dispersão humana, com base nas diferenças no corpo humano vivo ou fósseis de hominíneos (RUFF, 2000; KURKI, 2008). Não há consenso sobre “uma” variável antropométrica que seja mais eficiente no estudo das regras de Bergmann e Allen, então estudos utilizam diversas medições que possuem sentido biológico para a interpretação dos resultados.

1.5. ADAPTAÇÕES MORFOLÓGICAS EM UM CONTEXTO EVOLUTIVO

Através de estudos antropométricos foi possível reconstruir parte da história da evolução e migração humana, como também contextualizar as variações morfológicas encontradas no registro fóssil no decorrer do tempo geológico. Muito das

adaptações morfológicas dos Hominini é relacionada com as condições climáticas enfrentadas durante a dispersão pelo globo (RUFF, 1991; deMENOCA, 2011; HARCOURT, 2012). Aspectos de termorregulação são evidentes desde os *Homo erectus* mais primitivos da África subsaariana, que apresentam proporções corporais características de climas mais quentes, semelhantes às de Africanos modernos (TILKENS, 2007). Da mesma forma para os *Homo sapiens* arcaicos e para Neandertais, que apresentam morfologias adaptadas para climas mais frios em latitudes mais altas, apresentando membros distais mais curtos e distância bi-ílica maiores (RUFF, 1994; HOLLIDAY, 1997).

1.6. ESTRESSORES ABIÓTICOS ADICIONAIS QUE PROMOVEM ADAPTAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS.

Outros componentes ambientais também exercem forte impacto nas proporções corporais. Por exemplo, a aclimatização em resposta à altitude em um curto período de tempo induz adaptações fisiológicas no sistema respiratório, no sistema circulatório e adaptações hematológicas com o efeito de atenuar os efeitos da hipóxia (MAGALHÃES, 2002). Indivíduos aclimatizados a determinado período de tempo já não demonstram diferenças de indivíduos nativos (HARCOURT, 2012), porém nativos de altitudes elevadas possuem elevada capacidade de trabalho em comparação com indivíduos aclimatizados. O estresse durante o desenvolvimento e crescimento em crianças e jovens promove adaptações morfológicas e fisiológicas para utilização de oxigênio em quantidades e taxas mais elevadas (KORMONDY & BROWN, 2002).

1.7. O IMPACTO DAS MUDANÇAS CULTURAIS SOBRE A ADAPTAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA HUMANA – A TENDÊNCIA SECULAR

Quando populações experimentam períodos de transições nos aspectos socioeconômicos, alterações morfológicas podem ser observadas no decorrer de várias gerações. Modificações na qualidade de vida, tanto positivas ou negativas, influenciam no crescimento e desenvolvimento da população. Esse histórico é denominado tendência secular (DANUBIO & SANNA, 2008; ALBANESE, 2010).

Diversos estudos constataram que as populações humanas modernas têm mostrado desvios para os resultados esperados pelos efeitos de Bergmann e Allen,

principalmente em países tropicais. Peter Katzmarzyk e Willian Leonard, em 1998, refizeram as análises de Roberts com dados antropométricos publicados após 1953. Os resultados encontrados confirmam a adequação de humanos nos padrões ecogeográficos encontrados por Roberts, porém com uma magnitude mais baixa. Os possíveis fatores que vêm influenciando a força da correlação são advindos principalmente da modernização e incluem dietas diferenciadas, diminuição de exercícios físicos, doenças crônicas durante períodos de crescimento e desenvolvimento, como também idade de menarca precoce em mulheres (BAKER & BINDON, 1997; KORMONDY & BROWN, 2002; MALINA, 2013). A nutrição é um importante fator que influencia as proporções corpóreas, podendo levar a interpretações confusas quando comparado com os efeitos causados pelas regras de Bergmann e Allen. Quando de fato podemos observar os efeitos de Bergmann e Allen, as proporções dos membros superiores e inferiores variam com o tronco do corpo para favorecer a termorregulação, enquanto que a nutrição se associa com o tamanho corporal e principalmente com o comprimento dos membros inferiores (TANNER, 1982; MALINA, 2008; HARCOURT, 2012).

Diversos exemplos podem indicar casos onde nutrição e termorregulação podem ser separados. Em uma revisão de estudos seculares japoneses, Kimura demonstra que as condições adversas proporcionadas pela Segunda Guerra Mundial afetaram a estatura e peso de crianças, durante e após o período da guerra, retornando a regularização somente anos mais tarde (KIMURA, 1984). Tanner (1982) demonstra que os ganhos em estatura de crianças e jovens entre 1957 e 1977 no Japão se deram principalmente pelo aumento no comprimento das pernas e quase nenhum aumento no comprimento do tronco, não conseguindo afirmar se havia diferenças entre classes sociais. Em um trabalho semelhante realizado no México, Robert Malina e colaboradores (2008) indicaram que as principais causas de aumento de estatura e peso em crianças foram melhores condições de vida e melhoras na nutrição e saúde com o passar dos anos. Um estudo realizado em um povoado na Bolívia demonstrou que crianças nascidas no período de chuvas apresentavam menor estatura em comparação com crianças da mesma idade que nasceram em outros meses do ano (BRABEC et al., 2018). Nesse povoado os meses de chuva são associados com estresses como má alimentação, decorrente da perda de cultivos e aumento de doenças parasitárias. O tamanho das pernas pode ser utilizado como um indicador de nutrição e saúde no passado, como também apresenta um panorama de risco para doenças futuras como sobrepeso, doenças cardíacas e diabetes (FRISANCHO, 2007; BOGIN & VARELA-SILVA, 2010).

Em contrapartida, com respeito à termorregulação, as proporções dos membros não sofrem grandes alterações com base na qualidade de vida ou classe social. Populações da África Subsaariana que estão sob fortes efeitos de desnutrição ainda assim possuem pernas longas, da mesma forma que populações do Ártico apresentam elevada massa corporal e membros curtos em relação ao tronco (HOLLIDAY & HILTON, 2009; HARCOURT, 2012). Como também apontado por Tanner, norte americanos de descendência africana apresentam pernas maiores do que norte americanos de origem europeia, mesmo quando os primeiros crescem em condições sociais inferiores (TANNER, 1982).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a aplicabilidade das regras de Bergmann e Allen como fator explicativo para a variação morfológica em amostra latino-americana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Descrever a variabilidade de medidas antropométricas de estudantes da Universidade Federal da Integração Latino-Americana de diversas nacionalidades.
- 2) Investigar a correlação da variabilidade destas medidas com variáveis de latitude e clima (temperatura média anual, amplitude térmica anual e temperatura mínima anual) dos locais onde os indivíduos experienciaram a maior parte de seu desenvolvimento ontogenético.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. AMOSTRA

A amostra deste estudo foi composta por 80 estudantes de 13 nacionalidades diferentes, todos estudantes da Universidade Federal da Integração

Latino-Americana, na cidade de Foz do Iguaçu, estado do Paraná, Brasil. A princípio foi realizado convite a ampla comunidade acadêmica para participação do estudo. Os interessados eram solicitados a ler o termo de consentimento que apresentava o tema e os objetivos do estudo e logo após a assinatura era dado início a entrevista e medição antropométrica. Após certo número de participantes incluídos, foi dada prioridade as nacionalidades de faixas latitudinais que haviam sido menos amostradas, afim de obter uma amostra mais uniforme entre as latitudes. A amostra contou com a participação de 45 indivíduos do sexo masculino e 35 do sexo feminino, com variação de idade entre 19 e 37 anos.

3.2 ENTREVISTA

Foi realizada entrevista com os participantes com o objetivo de coletar informações básicas e cruciais para a interpretação dos resultados. A entrevista foi composta das seguintes perguntas: nome, data de nascimento, país e cidade de nascimento, localidade onde passou a maior parte da infância e adolescência, tempo de residência em Foz do Iguaçu e idade da menarca.

Tabela 1: Faixas latitudinais, países presentes e número de indivíduos na amostra.

| Faixas Latitudinais | Países presentes na faixa | Número de indivíduos amostrados por faixa |
|---------------------|--|---|
| Entre 55°s e 40°s | Sul da Argentina e sul do Chile | 2 |
| Entre 40°s e 25°s | Argentina, sul do Brasil, Chile, Uruguay e sul do Paraguai e sul do Peru | 31 |
| Entre 25°s e 10°s | Bolivia, Brasil, Paraguai e Peru | 22 |
| Entre 10°s e 5°n | Norte do Brasil, sul da Colombia e Equador | 17 |
| Entre 5°n e 20°n | Colombia, Cuba, Haiti, Nicarágua, Panamá, Venezuela | 8 |
| Total | | 80 |



Figura 6: Pontos de localização geográfica dos indivíduos participantes do estudo.

3.3 DADOS GEOCLIMÁTICOS

Os dados geoclimáticos e pontos de ocorrência dos indivíduos entrevistados foram plotados em um mapa utilizando o software QGIS 2.18. Os dados

geoclimáticos de temperatura média anual, temperatura mínima do mês mais frio e amplitude térmica foram obtidos da base de dados *Bioclim*. O mapa com os pontos de localização dos indivíduos amostrados podem ser encontrados na Figura 6. Os mapas apresentando os gradientes com dados de temperatura podem ser encontrados na seção de apêndices.

3.4 VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS

Estatura: representa a extensão longitudinal do corpo. A estatura foi aferida com estadiômetro portátil da marca *Altorexata* com resolução de 1mm. Os indivíduos foram colocados descalços e de costas para o aparelho, em posição ortostática e calcanhares unidos.

Estatura sentado: representa a extensão longitudinal troncocefálica. Os indivíduos foram posicionados sentados, de costas para o estadiômetro. Permaneceram com a coluna ereta, paralela ao aparelho, com o tronco em ângulo de noventa graus em relação às coxas para a medição.

Massa corporal: representa a soma de toda a matéria do corpo do indivíduo aferido. A massa corporal foi aferida em balança digital da marca *G-Life* com capacidade de 150kg e graduação de 100g em 100g. Os indivíduos subiram na balança com os calcanhares unidos e em posição ortostática.

Distância biacromial: compreende a distância entre os dois processos acromiais. Com os indivíduos em postura ereta foram localizadas as elevações nos ombros com a ponta dos dedos, e então o comprimento máximo entre os processos acromiais foram medidos. Estas medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro da marca *Cescorf* com sensibilidade de 1mm.

Comprimento do úmero: os indivíduos foram colocados em posição ortostática e com braço dobrado em 90°. Com o paquímetro foi medido o comprimento entre o acrômio escapular e o epicôndilo lateral da ulna.

Comprimento do rádio: medição realizada com o paquímetro. Ainda com o braço dobrado em 90°, foi medida a distância desde a elevação denominada cabeça do rádio até o processo estiloide do rádio.

Distância bi-ilíaca: com o indivíduo em posição ortostática, calcanhares unidos e braços afastados do tronco, a distância bi-ilíaca foi medida com auxílio do paquímetro.

Comprimento do fêmur: em posição ortostática, localizou-se o trocanter maior por apalpação, na parte mais lateral da articulação do quadril, e com o paquímetro foi medido o comprimento deste ponto até o epicôndilo lateral do fêmur.

Comprimento da tíbia: medição realizada com o paquímetro desde o côndilo lateral, ponto mais elevado da tíbia abaixo da patela, até a altura do maléolo lateral.

Índice de massa corporal: o IMC indica a quantidade de quilogramas por metro quadrado corporal, e proporciona uma aproximação da gordura corporal como também um informativo da saúde do indivíduo. O índice de massa corporal foi calculado através da divisão do valor da massa corporal em quilogramas pela estatura elevada ao quadrado de cada indivíduo.

Índice ponderal: o índice ponderal foi calculado pela divisão do valor da massa corporal em quilogramas pela estatura elevada ao cubo.

Índice crural: o índice crural foi calculado através do tamanho máximo da tíbia, multiplicado por 100 e então dividido pelo comprimento bicondilar femural.

Índice Braquial: o índice braquial foi obtido através do comprimento do rádio multiplicado por 100 e então dividido pelo comprimento máximo do úmero.

Estimação da área de superfície: a estimativa da área de superfície utilizou o mesmo método empregado por Foster & Collard (2013), e foi obtida através do seguinte cálculo: área de superfície (cm²) = 0.007184 x estatura^{0.725}(cm) x massa corporal^{0.425}(kg).

Relação área de superfície/massa corporal: a relação foi obtida através da divisão entre o valor da área de superfície pela massa corporal.

Estatuta sentado relativa: medida obtida a partir da razão entre a estatuta sentado e a estatuta do indivíduo.

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises foram executadas no software *Prism* 6.0. Foram realizadas regressões lineares entre cada variável antropométrica e as localizações latitudinais dos locais de desenvolvimento dos estudantes participantes. Em seguida, as análises foram repetidas entre as variáveis antropométricas e valores de temperaturas médias anuais, temperaturas mínimas do mês mais frio e amplitudes térmicas das localizações geográficas dos participantes.

Para melhor organização dos resultados, as análises foram separadas em dois grupos em relação às posições geográficas dos participantes: (1) análises gerais utilizando todos os pontos de localização e (2) análises separadas para latitudes positivas e negativas a fim de isolar os hemisférios. O propósito dessa divisão nas análises teve como objetivo verificar se os resultados dos diferentes hemisférios apresentavam a mesma tendência da análise geral, como também evitar que os efeitos de um hemisfério influenciassem os resultados de outro.

4 RESULTADOS

Primeiramente serão apresentados os resultados das análises gerais, seguido dos resultados por hemisférios. Aqui serão apresentados somente os gráficos que obtiveram correlações significativas. Os valores de p e r^2 de todas as análises podem ser encontrados nas tabelas 2, 3, 4 e 5.

Nas análises gerais o comprimento do fêmur apresentou relação com latitude e amplitude térmica (Figura 7). A regressão com as latitudes apresentou correlação significativa negativa, enquanto com amplitude térmica apresentou correlação significativa positiva.

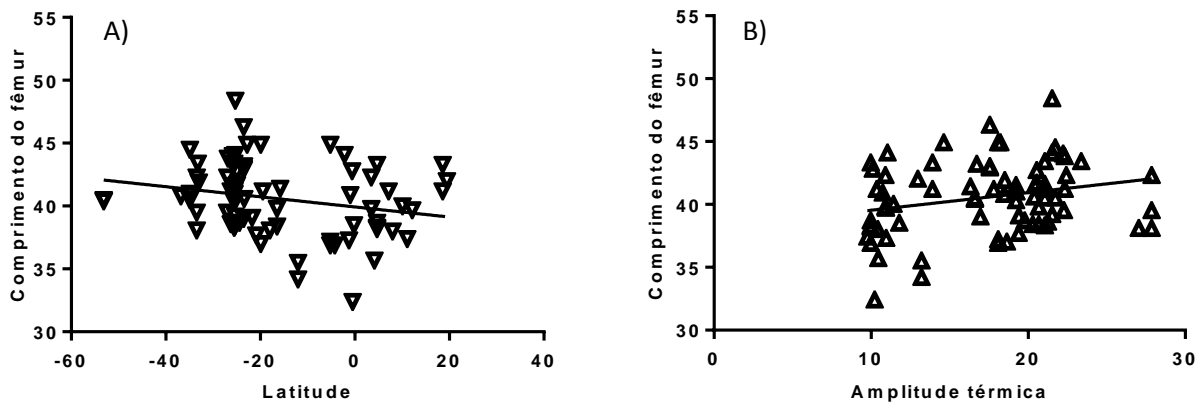


Figura 7: Regressão linear das análises gerais. A) Latitudes absolutas com comprimento do fêmur. $R^2 = 0,0545$; $p = 0,0397$. B) Amplitude térmica com comprimento do fêmur. $R^2 = 0,0607$; $p = 0,0296$.

Com respeito às análises separadas em cada hemisfério, foram obtidos resultados distintos dos observados nas análises gerais. Para as análises nas latitudes negativas do hemisfério sul, além do comprimento do fêmur, as variáveis estatura, distância biacromial, comprimento do rádio e tíbia apresentam correlação negativa significativa (Figura 8).

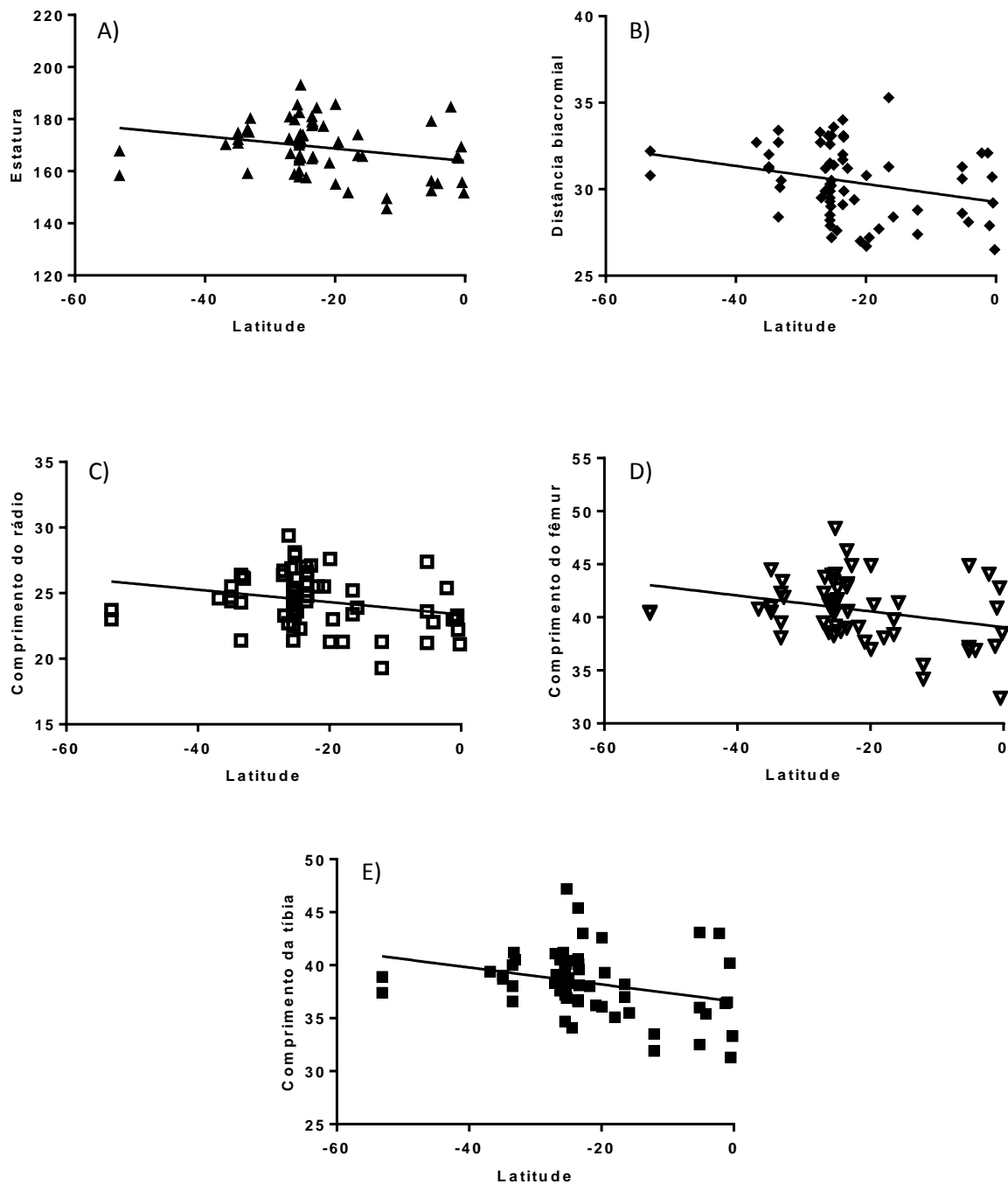


Figura 8: Regressão linear das análises do hemisfério sul. A) Latitudes negativas com estatura. $R^2 = 0,0675$; $p = 0,0366$. B) Latitudes negativas com distância biacromial. $R^2 = 0,0778$; $p = 0,0245$. C) Latitudes negativas com comprimento do rádio. $R^2 = 0,0668$; $p = 0,0377$. D) Latitudes negativas com comprimento do fêmur. $R^2 = 0,0832$; $p = 0,0219$. E) Latitudes negativas com comprimento da tíbia. $R^2 = 0,0902$; $p = 0,0151$.

As análises do hemisfério norte apresentaram correlação significativa positiva entre as latitudes positivas e as variáveis antropométricas estatura e comprimento do rádio (Figura 9).

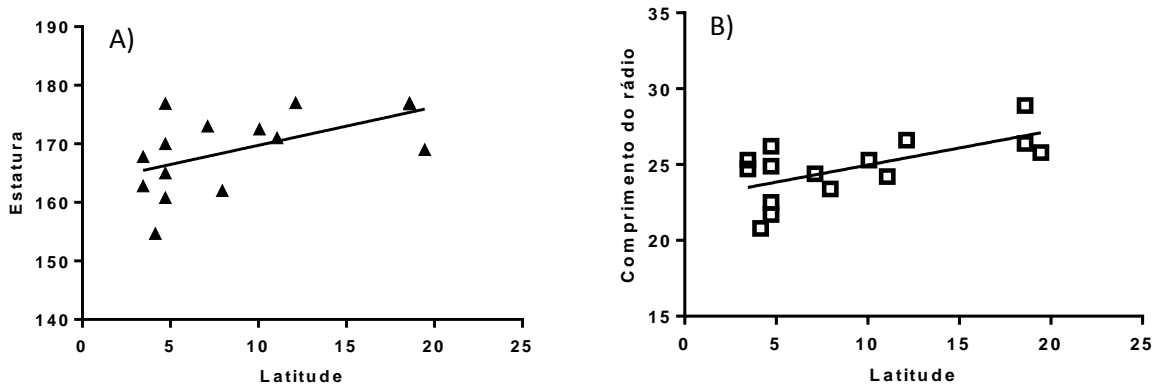


Figura 9: Regressão linear das análises do hemisfério norte. A) Latitudes positivas com estatura. $R^2 = 0,3057$; $p = 0,0325$. B) Latitudes positivas e comprimento do rádio. $R^2 = 0,4021$; $p = 0,0111$.

As análises entre temperatura média anual e as variáveis antropométricas nos hemisférios apresentaram correlação significativa negativa com a distância biacromial no hemisfério sul somente (Figura 10). Resultado semelhante foi obtido na regressão com temperatura mínima anual, onde somente distância biacromial apresentou relação significativa negativa em latitudes negativas (Figura 10).

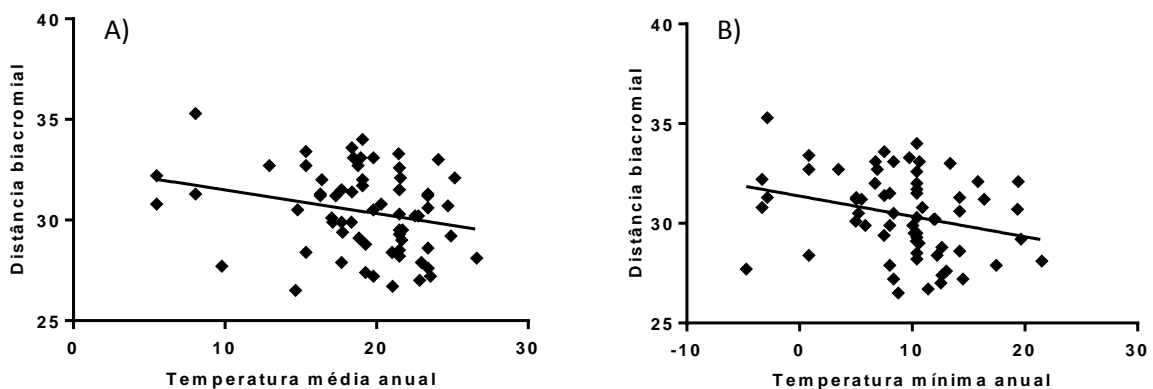


Figura 10: Regressão linear das análises no hemisfério sul. A) Temperatura média anual com distância biacromial. $R^2 = 0,0651$; $p = 0,0402$. B) Temperatura mínima anual com distância biacromial. $R^2 = 0,0770$; $p = 0,0252$.

Os últimos resultados das análises correspondem às regressões com amplitude térmica. Das análises no hemisfério sul, o comprimento do rádio e o índice braquial apresentaram relação positiva significativa (Figura 11).

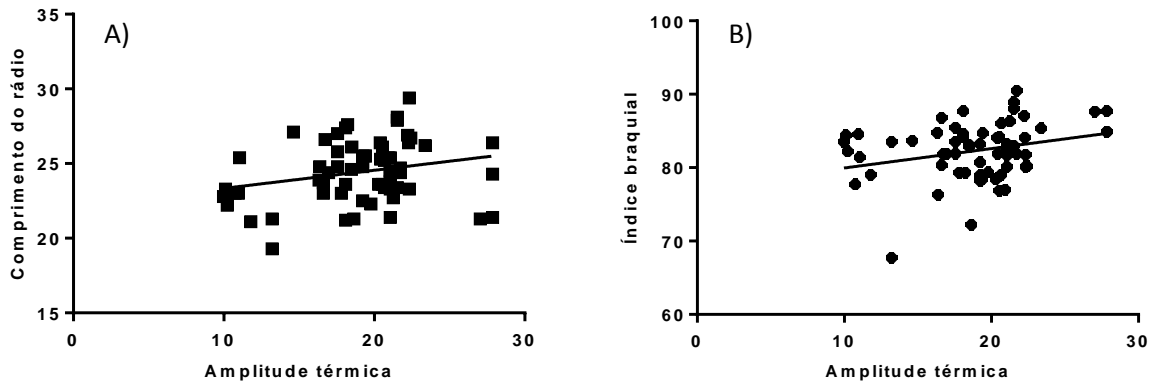


Figura 11: Regressão linear das análises no hemisfério sul. A) Amplitude térmica com comprimento do rádio. $R^2 = 0,0607$; $p = 0,048$. B) Amplitude térmica com índice braquial. $R^2 = 0,0798$; $p = 0,0226$.

No hemisfério norte as regressões com amplitude térmica apresentaram relações positivas significativas com comprimento do rádio, fêmur e tíbia. Entretanto apresentou correlação significativa negativa com o índice estatura sentado relativa (Figura 12).

As tabelas 2, 3, 4 e 5 reportam os valores de p e r^2 de todas as análises realizadas. Em negrito são encontrados os valores das regressões com correlações significativas.

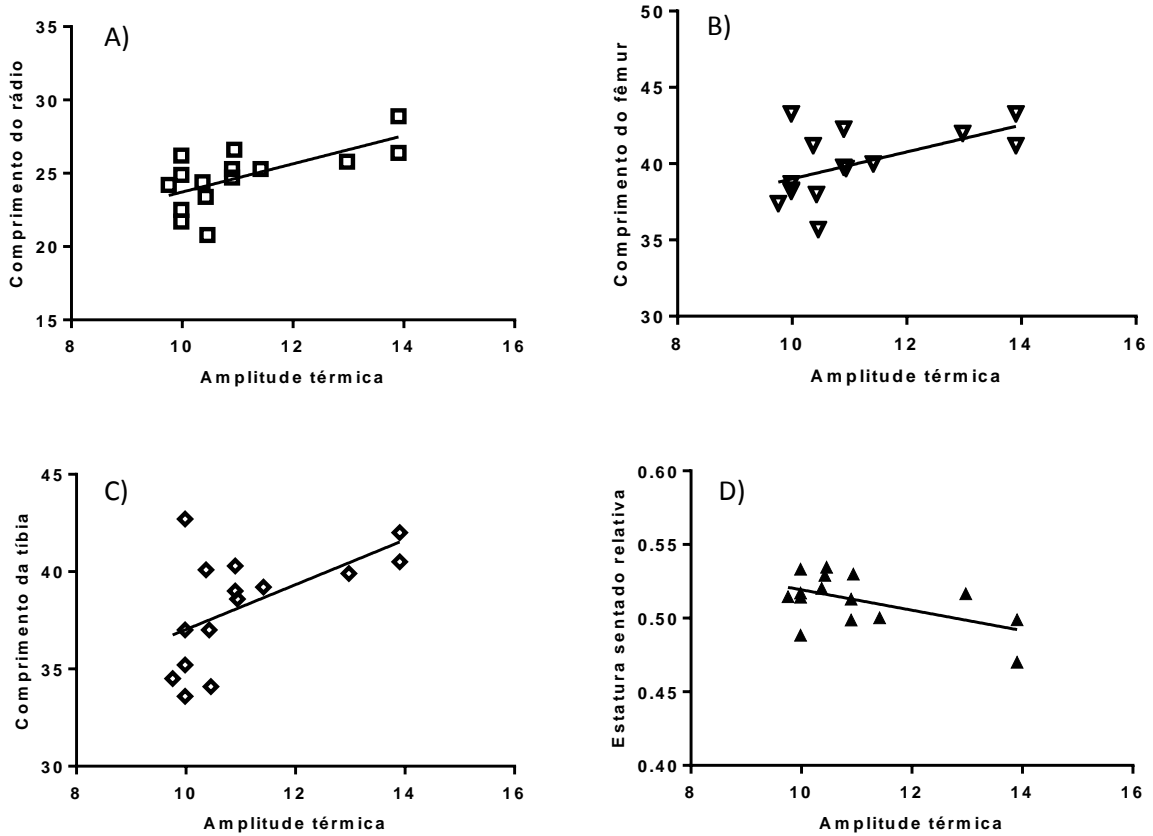


Figura 12: Regressão linear das análises no hemisfério norte. A) Amplitude térmica com comprimento do rádio. $R^2 = 0,4305$; $p = 0,0079$. B) Amplitude térmica com comprimento do fêmur. $R^2 = 0,3022$; $p = 0,0338$. C) Amplitude térmica com comprimento da tíbia. $R^2 = 0,3155$; $p = 0,0293$. D) Amplitude térmica com estatura sentado relativa. $R^2 = 0,2944$; $p = 0,0366$.

Tabela 2: Resultados das análises de regressão linear simples entre variáveis antropométricas e variáveis de latitude e clima. Valores de p e r^2 das variáveis em negrito são significativos.

| | | | Variáveis | | | |
|------------------------------------|---|--------|----------------|---------------|------------------|----------------------|
| | | | Massa corporal | Estatura | Estatura sentado | Distância biacromial |
| Análises gerais | Latitude | R^2 | 0,00004 | 0,0180 | 0,0279 | 0,00003 |
| | | p | 0,9586 | 0,2356 | 0,1416 | 0,9588 |
| | Temperatura média anual | R^2 | 0,0107 | 0,0015 | 0,0003 | 0,0262 |
| | | p | 0,364 | 0,7314 | 0,8785 | 0,1518 |
| | Temperatura mínima anual | R^2 | 0,0036 | 0,0014 | 0,0007 | 0,0194 |
| | | p | 0,5991 | 0,7402 | 0,8215 | 0,2179 |
| | Amplitude térmica | R^2 | 0,0027 | 0,0314 | 0,0117 | 0,0017 |
| | | p | 0,6515 | 0,1159 | 0,3418 | 0,7166 |
| Análises por hemisférios | Latitudes hemisfério sul | R^2 | 0,0062 | 0,0675 | 0,0417 | 0,0778 |
| | | p | 0,5347 | 0,0366 | 0,1054 | 0,0245 |
| | Latitudes hemisfério norte | R^2 | 0,0718 | 0,3057 | 0,0733 | 0,0801 |
| | | p | 0,3341 | 0,0325 | 0,329 | 0,3066 |
| | Temperatura média anual hemisfério sul | R^2 | 0,0050 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0651 |
| | | p | 0,5827 | 0,8575 | 0,8483 | 0,0402 |
| | Temperatura média anual hemisfério norte | R^2 | 0,0570 | 0,0235 | 0,0145 | 0,0062 |
| | | p | 0,3916 | 0,5856 | 0,669 | 0,7801 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério sul | R^2 | 0,0006 | 0,0038 | 0,00007 | 0,0770 |
| | | p | 0,8486 | 0,6277 | 0,9493 | 0,0252 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério norte | R^2 | 0,0456 | 0,0137 | 0,0203 | 0,0139 |
| | | p | 0,445 | 0,6776 | 0,6129 | 0,6757 |
| | Amplitude térmica hemisfério sul | R^2 | 0,0080 | 0,0468 | 0,0075 | 0,0390 |
| | | p | 0,4824 | 0,0834 | 0,4971 | 0,1149 |
| Amplitude térmica hemisfério norte | R^2 | 0,0742 | 0,1818 | 0,0035 | 0,0807 | |
| | p | 0,326 | 0,113 | 0,8344 | 0,3049 | |

Tabela 3: Resultados das análises de regressão linear simples entre variáveis antropométricas e variáveis de latitude e clima. Valores de p e r^2 das variáveis em negrito são significativos.

| | | | Variáveis | | | | |
|------------------------------------|---|--------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | | | Comprimento do úmero | Comprimento do rádio | Distância bi-ilíaca | Comprimento do fêmur | Comprimento da tíbia |
| Análises gerais | Latitude | R^2 | 0,0119 | 0,0032 | 0,0022 | 0,0545 | 0,0252 |
| | | p | 0,335 | 0,6179 | 0,6796 | 0,0397 | 0,1599 |
| | Temperatura média anual | R^2 | 0,0084 | 0,0128 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0016 |
| | | p | 0,419 | 0,3172 | 0,9548 | 0,9216 | 0,7283 |
| | Temperatura mínima anual | R^2 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0006 | 0,0111 | 0,0020 |
| | | p | 0,8428 | 0,8256 | 0,8295 | 0,3589 | 0,6935 |
| Amplitude térmica | R^2 | 0,017 | 0,0269 | 0,0019 | 0,0607 | 0,0386 | |
| | p | 0,249 | 0,146 | 0,7003 | 0,0296 | 0,0806 | |
| Análises por hemisférios | Latitudes hemisfério sul | R^2 | 0,0383 | 0,0668 | 0,0024 | 0,0832 | 0,0902 |
| | | p | 0,1181 | 0,0377 | 0,7005 | 0,0219 | 0,0151 |
| | Latitudes hemisfério norte | R^2 | 0,2442 | 0,4021 | 0,0291 | 0,16 | 0,1508 |
| | | p | 0,0611 | 0,0111 | 0,5433 | 0,1396 | 0,1527 |
| | Temperatura média anual hemisfério sul | R^2 | 0,0123 | 0,0013 | 0,0114 | 0,0001 | 0,0000003 |
| | | p | 0,3789 | 0,7766 | 0,4008 | 0,944 | 0,999 |
| | Temperatura média anual hemisfério norte | R^2 | 0,0115 | 0,1107 | 0,1391 | 0,0040 | 0,0449 |
| | | p | 0,7042 | 0,2257 | 0,171 | 0,8224 | 0,4482 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério sul | R^2 | 0,0031 | 0,0042 | 0,0070 | 0,0050 | 0,0070 |
| | | p | 0,6592 | 0,6074 | 0,5113 | 0,5824 | 0,5065 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério norte | R^2 | 0,0031 | 0,0776 | 0,1259 | 0,00002 | 0,02659 |
| | | p | 0,8428 | 0,3149 | 0,1945 | 0,9871 | 0,5615 |
| | Amplitude térmica hemisfério sul | R^2 | 0,0094 | 0,0607 | 0,00001 | 0,0454 | 0,0515 |
| | | p | 0,4423 | 0,048 | 0,9761 | 0,0935 | 0,0691 |
| Amplitude térmica hemisfério norte | R^2 | 0,2467 | 0,4305 | 0,0991 | 0,3022 | 0,3155 | |
| | p | 0,0596 | 0,0079 | 0,2532 | 0,0338 | 0,0293 | |

Tabela 4: Resultados das análises de regressão linear simples entre variáveis antropométricas e variáveis de latitude e clima. Valores de p e r^2 dos índices em negrito são significativos.

| | | | Índices | | | |
|--------------------------|---|--------|---------|-----------------|---------------|-----------------|
| | | | IMC | Índice ponderal | Índice crural | Índice braquial |
| Análises gerais | Latitude | R^2 | 0,0051 | 0,0103 | 0,0084 | 0,0107 |
| | | p | 0,5341 | 0,3765 | 0,4256 | 0,3606 |
| | Temperatura média anual | R^2 | 0,0092 | 0,0068 | 0,0124 | 0,0003 |
| | | p | 0,4031 | 0,4716 | 0,3326 | 0,8887 |
| | Temperatura mínima anual | R^2 | 0,0100 | 0,0119 | 0,0110 | 0,00005 |
| | | p | 0,3831 | 0,3416 | 0,361 | 0,9506 |
| Amplitude térmica | R^2 | 0,0046 | 0,0139 | 0,0015 | 0,0019 | |
| | p | 0,5562 | 0,3047 | 0,7368 | 0,7039 | |
| Análises por hemisférios | Latitudes hemisfério sul | R^2 | 0,0040 | 0,0181 | 0,0076 | 0,0157 |
| | | p | 0,6242 | 0,2926 | 0,498 | 0,3193 |
| | Latitudes hemisfério norte | R^2 | 0,0047 | 0,0347 | 0,0415 | 0,0003 |
| | | p | 0,8085 | 0,5062 | 0,4664 | 0,9473 |
| | Temperatura média anual hemisfério sul | R^2 | 0,0056 | 0,0049 | 0,0001 | 0,0206 |
| | | p | 0,5594 | 0,5846 | 0,9266 | 0,254 |
| | Temperatura média anual hemisfério norte | R^2 | 0,0177 | 0,0073 | 0,1508 | 0,0772 |
| | | p | 0,6366 | 0,7623 | 0,1527 | 0,316 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério sul | R^2 | 0,0060 | 0,0099 | 0,0015 | 0,0526 |
| | | p | 0,5456 | 0,4383 | 0,7615 | 0,066 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério norte | R^2 | 0,0171 | 0,0084 | 0,1424 | 0,087 |
| | | p | 0,642 | 0,7447 | 0,1655 | 0,2859 |
| | Amplitude térmica hemisfério sul | R^2 | 0,0025 | 0,0142 | 0,0056 | 0,0798 |
| | | p | 0,696 | 0,352 | 0,5592 | 0,0226 |
| | Amplitude térmica hemisfério norte | R^2 | 0,00005 | 0,0080 | 0,1204 | 0,0003 |
| | | p | 0,9805 | 0,7514 | 0,205 | 0,9498 |

Tabela 5: Resultados das análises de regressão linear simples entre variáveis antropométricas e variáveis de latitude e clima. Valores de p e r^2 das variáveis em negrito são significativos.

| | | | Índices | | |
|--------------------------|---|--------|--------------|----------------|---------------|
| | | | Estimação de | Relação | Estatura |
| | | | área | superfície por | sentado |
| | | | | massa | relativa |
| Análises gerais | Latitude | R^2 | 0,0042 | 0,0007 | 0,0013 |
| | | p | 0,5708 | 0,8235 | 0,749 |
| | Temperatura média anual | R^2 | 0,0078 | 0,0077 | 0,0016 |
| | | p | 0,4407 | 0,4452 | 0,727 |
| | Temperatura mínima anual | R^2 | 0,0006 | 0,0047 | 0,00001 |
| | | p | 0,8353 | 0,5504 | 0,9823 |
| Amplitude térmica | R^2 | 0,0135 | 0,00001 | 0,0071 | |
| | p | 0,3112 | 0,9717 | 0,4591 | |
| Análises por hemisférios | Latitudes hemisfério sul | R^2 | 0,0316 | 0,0039 | 0,0089 |
| | | p | 0,1632 | 0,6286 | 0,4592 |
| | Latitudes hemisfério norte | R^2 | 0,2148 | 0,0054 | 0,1314 |
| | | p | 0,0819 | 0,7956 | 0,1842 |
| | Temperatura média anual hemisfério sul | R^2 | 0,0035 | 0,0040 | 0,0001 |
| | | p | 0,6467 | 0,6239 | 0,9425 |
| | Temperatura média anual hemisfério norte | R^2 | 0,0609 | 0,0128 | 0,0028 |
| | | p | 0,3754 | 0,6882 | 0,8506 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério sul | R^2 | 0,0002 | 0,0008 | 0,0035 |
| | | p | 0,9167 | 0,824 | 0,6404 |
| | Temperatura mínima anual hemisfério norte | R^2 | 0,0432 | 0,0090 | 0,00008 |
| | | p | 0,4572 | 0,7373 | 0,9741 |
| | Amplitude térmica hemisfério sul | R^2 | 0,0266 | 0,0029 | 0,0296 |
| | | p | 0,2016 | 0,6768 | 0,1744 |
| | Amplitude térmica hemisfério norte | R^2 | 0,1755 | 0,0193 | 0,2944 |
| | | p | 0,1201 | 0,6216 | 0,0366 |

5 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos a partir da amostra coletada existe variação no tamanho e forma do corpo dentro do território da América Latina. Entretanto, somente três variáveis suportaram as regras de Bergmann, enquanto todos os outros resultados significativos sugerem que ocorre um padrão inverso ao das regras investigadas.

Somente a distância biacromial sustentou a regra de Bergmann na amostra nas análises de regressão com latitude, temperatura média anual e temperatura

mínima anual. Corpos mais largos são encontrados em áreas mais frias, enquanto corpos mais esguios são observados em climas mais quentes (RUFF, 1991; 1994). Contudo, esses resultados só foram verificados quando se realizava o isolamento das posições geográficas do hemisfério sul, e a significância da tendência observada nessa variável antropométrica não gerou impactos suficientes em outras variáveis, como massa corporal ou área de exposição ao ambiente para verificação de outras correlações no gradiente latitudinal.

Todas as outras análises apresentaram correlações inversas aos padrões previstos pelas regras de Bergmann e Allen, sugerindo que os indivíduos amostrados tendem a possuir características opostas àquelas esperadas dentro dos gradientes de latitude e temperatura. Esses padrões foram verificados tanto nas análises gerais quanto nas análises por hemisférios. Stinson (1990) em seu estudo com populações indígenas também encontrou correlação inversa entre estatura e amplitude térmica, indicando que a altura tende a aumentar do norte para o sul da América do Sul. As análises com estatura sentado e estatura sentado relativa apresentaram os padrões esperados. Apesar dos dados descritos, a literatura traz evidência significativa de que humanos modernos se adequam as regras de Bergmann e Allen (ROBERTS, 1953; KATZMARYK & LEONARD, 1998; HARCOURT, 2012; FOSTER & COLLARD, 2013).

Nas análises gerais somente o comprimento do fêmur apresentou correlação significativa, porém inversa ao padrão. Na regressão com latitude esta variável apresentou correlação negativa, apresentando tendência de diminuição do comprimento do fêmur com o aumento da latitude. Como a latitude é utilizada com um substituto para a temperatura, podemos observar que com o aumento da temperatura ocorre a diminuição do comprimento. Devido à limitação de amplitude da amostra não pudemos observar se com o aumentar da latitude no hemisfério norte observaríamos o mesmo padrão espelhado que foi demonstrado no hemisfério sul. Contudo outros estudos demonstram a adequação do hemisfério norte às regras de Bergmann e Allen (FOSTER & COLLARD, 2013). O mesmo foi observado nas análises com a amplitude térmica, já que a amplitude térmica tende a decrescer com a diminuição da latitude, onde a variação de temperatura é menor (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Ainda assim existem alguns fatores que possuem relação com os resultados e que podem ter contribuído para os desvios dos padrões esperados: (1) a amostra sendo uma subamostra dentro da Universidade Federal da Integração Latino-

americana; (2) tamanho amostral; (3) extensão continental; (4) ausência de variação térmica mais ampla; (5) colonização da América Latina e; (6) efeitos da tendência secular.

Os resultados do presente estudo foram baseados em uma amostra de alunos da UNILA, localizada em território brasileiro, e conta com um corpo estudantil de diversas nacionalidades. O tamanho total da amostra em questão, como também o número de estudantes por faixa latitudinal, pode ser limitado para representar toda a variabilidade antropométrica de seus locais de origem. A universidade especialmente carece de estudantes provenientes das faixas latitudinais que compreendem o sul do Chile e Argentina, o que proporcionaria maior precisão para os resultados. A adequada determinação dos fatores que acarretaram os resultados encontrados requerem estudos posteriores, com amostras maiores.

Os dois próximos pontos foram discutidos por Foster e Collard (2013) para justificar a ausência de padrão no hemisfério sul. Enquanto o hemisfério norte abrange uma massa continental maior e possui áreas mais gélidas por sua localização, o hemisfério sul possui área mais retraída dos polos, o que influencia tanto na variação de amplitudes térmicas, quanto na presença de temperaturas negativas mais rigorosas. Essa ausência de território nas latitudes mais negativas na América Latina acarreta em uma menor diferença nas temperaturas máximas e mínimas do hemisfério, não exercendo a mesma pressão seletiva que é exercida na população no outro hemisfério do continente americano. Assim uma maior amplitude térmica como também temperaturas mínimas mais baixas favorecem a presença do padrão no hemisfério norte (HARCOURT, 2012; FOSTER & COLLARD, 2013). Nas análises de Foster e Collard o padrão global da regra de Bergmann só foi sustentado quando as latitudes com temperaturas extremas do hemisfério norte são incluídas.

Outro ponto pertinente a ser levado em consideração é o forte efeito das consequências da colonização europeia na América Latina. Após a chegada dos europeus no continente americano em 1492, a população nativa sofreu progressivas reduções em seus números. Inicialmente o povo originário sofreu a primeira grande baixa em decorrência de epidemias trazidas pelos colonizadores europeus. Os nativos não possuíam imunidade para essas novas doenças, o que era potencializado pelas más condições dos alojamentos e restrição alimentar, e então rapidamente levavam os nativos acometidos a morte (GOTT, 2007; GRONDIN & VIEZZER, 2018).

A miscigenação é outro ponto importante a ser discutido. À medida que os países da América Latina se tornaram independentes no século XIX, uma crescente necessidade de imigrantes europeus se tornou necessária. A chamada política de branqueamento tinha como objetivo alavancar o desenvolvimento econômico através da “superioridade” europeia, como também aumentar a composição de brancos no continente (GOTT, 2007; PORTOCARRERO, 2013). A América Latina recebeu principalmente alemães, italianos e poloneses que se instalaram próximos a corpos d’água e principais rotas utilizadas. Deve se salientar a presença pós-colonial não apenas dos povos indígenas e europeus, mas também dos escravos africanos que eram importados pelos colonos europeus (GOTT, 2007; RODRIGUEZ, 2015). A escravidão, mesmo abolida nos outros continentes, continuou por décadas em diversos países da América Latina até 1880 (GOTT, 2007). Um cenário um pouco diferente ocorreu nos três países do sul do continente: Chile, Argentina e Uruguai. A população de escravos negros nesses países não era numerosa como ocorria no resto da América Latina, o que reduzia os níveis de miscigenação. Inclusive no Chile foi estabelecida restrição da entrada de negros e asiáticos (RODRIGUEZ, 2015).

As ideias racistas de superioridade europeias contribuíram para a contínua entrada de imigrantes colonos e legitimação da violência contra o povo indígena (GOTT, 2007; FEIERSTEIN, 2016). Conforme mais imigrantes chegavam aos países latinos, mais terras e recursos naturais eram necessários. Quando os índios passaram a ser um obstáculo para a visão de progresso econômico, foi dado início ao extermínio em massa do povo indígena. A desapropriação forçada de nativos levava o grupo ao extermínio e os poucos sobreviventes se tornavam escravos (GOTT, 2007; GRONDIN & VIEZZER, 2018). Grondin e Viezzer (2018) estimam que houve morte de mais de 60 milhões de nativos em toda a América.

Foster e Collard (2013) já haviam sugerido que as populações do hemisfério sul que haviam migrado tardiamente nessas áreas poderiam não ter tido tempo suficiente para apresentar os padrões esperados, além da pressão na termorregulação ser mais branda do que nas temperaturas mais rígidas do hemisfério norte. Associando esses pontos ao genocídio dos povos indígenas nativos e miscigenação entre nativos, europeus e negros escravos durante a colonização europeia no continente americano é possível explicar a ausência dos padrões observados em outras regiões. Assim sendo, o sucessivo declínio da população nativa que habitava essa parte do continente há mais tempo, somado ao fluxo gênico com populações que apresentavam adaptações a outros

ambientes podem ter favorecido a atenuação ou perda da relação entre a morfologia e ambiente na América Latina (CRAWFORD, 1998).

Outro aspecto que favoreceria a ausência do padrão seria a tendência secular. Katznarzyk e Leonard (1998) encontraram relação mais fraca em seus estudos do que Roberts tinha de fato encontrado em 1953 e sugeriram que a modernização dos países tropicais teria afetado as novas análises. O mesmo pode ter ocorrido na América Latina já que houve significativas melhoras socioeconômicas na economia dos países latinos devido ao *boom* no início desse século (SANTOS, 2015). Esses fatores se interferem nos padrões de crescimento corporais e com o passar dos anos tem abrandado os efeitos das adaptações em resposta ao clima (BAKER & BINDON, 1997; KORMONDY & BROWN, 2002; HARCOURT, 2012; MALINA, 2013).

Os padrões de tamanho e forma do corpo foram moldados por diversas pressões seletivas e as variáveis climáticas podem explicar apenas uma porção dessas adaptações (RUFF, 1991). Apesar de todas as nossas adaptações culturais e morfofisiológicas, é possível observar que atualmente ainda ocorre seleção relacionada à temperatura. Estudos sobre mortalidade apresentam evidências de aumento de mortes relacionadas a altas e baixas temperaturas (GUO et al., 2016). Mudanças bruscas na temperatura estão relacionadas com mortalidade de indivíduos em regiões de climas tropicais, como em grande parte da América Latina (GUO et al., 2016), de modo que a resposta de aclimação do organismo pode não conseguir controlar o estresse tão rapidamente (MARTINEZ-NICOLAS et al., 2015).

Os indivíduos da população mais vulneráveis a essas condições climáticas apresentam características biológicas e socioeconômicas que não favorecem a sobrevivência (BELL et al., 2008). Idosos e recém-nascidos são os mais afetados por essas ondas de calor. Idosos apresentam dificuldades na termorregulação devido a disfunções cardiovasculares resultantes do processo de envelhecimento (VOGELAERE & PEREIRA, 2005). A musculatura em desenvolvimento de recém-nascidos não permite tremores para geração de calor em resposta ao frio, além da área de superfície corporal por volume ser alta pelo pequeno tamanho do corpo e grande tamanho da cabeça, o que facilita a perda de calor (COWGILL et al., 2012). Esses fatores são agravados quando concebidos prematuramente ou com baixo peso, propiciando morte por hipotermia ou doenças infecciosas potenciadas nos períodos frios do ano (LUNZE & HAMER, 2012).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os padrões verificados na variabilidade das medidas antropométricas nos gradientes de latitude e temperatura na América Latina foram inversos aos das regras de Bergmann e Allen, salvo pelo comprimento da distância biacromial. Esses padrões não corroboram os resultados de diversos trabalhos em outras regiões do mundo. Entretanto, fatores como restrições do tamanho amostral, representatividade de diferentes latitudes, limitações geográficas e climáticas particulares da posição do continente, singular processo de colonização e independência dos países latino-americanos, bem como os efeitos da modernidade e tendência secular podem ter influenciado para os desvios dos padrões esperados. A continuidade de coleta de dados deste projeto no futuro permitiria elucidação dos reais fatores que levaram aos presentes resultados.

REFERÊNCIAS

- ALBANESE, J. A critical review of the methodology for the study of secular change using skeletal data. In: ELLIS, C; FERRIS, N; TIMMINS, P; WHITE, C. **Papers in honour of Michael Spence**. 1^o edição. London: Ontario Archaeological Society Occasional Publication, 2010. p. 161–180.
- ALBERT, C; GRESSEIN, F; SCHURR, F; VIEILLEDENT, G; VIOLLE C. When and how should intraspecific variability be considered in traitbased plant ecology?. *Perspectives in Plant Ecology*. **Evolution and Systematics**, 13, 3, p. 217-225, 2011.
- ANTUNES, C. **Geografia e participação, volume 3: Américas e regiões polares**. 2^a edição. São Paulo: Scipione, 1997.
- BAKER, P; BINDON J. Bergmann's rule and the thrift genotype. **American Journal of Physical Anthropology**, 104, 2, p. 201-210, 1997.
- BAKER, P. Human adaptability. In: HARRISON, G; BAKER, P; TANNER J. **Human biology: an introduction to human evolution, variation, growth and adaptability**. 3^a edição. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- BARRETO, R; MATHOG, R. Orbital measurement in black and white populations. **Laryngoscope**, 109, 7, p. 1051-1054, 1999.
- BEALL, C M.. Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. **Integrative and Comparative Biology**, 46, 1, p. 18–24, 2006.
- BELL, M; O'NEILL, M; RANJIT, N; et al.. Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. **International journal of Epidemiology**, 37, 4, p. 796–804, 2008.
- BOCK, W. Concepts and methods in ecomorphology. **Journal of Bioscience**, 19, 4, p. 403-413, 1994.
- BOGIN, B; VARELA-SILVA, M. Leg length, body proportion, and health: a review with a note on beauty. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 7, 3, p. 1047–1075, 2010.
- BOLNICK, D; SVANBÄCK, R; FORDYCE, J; YANG, L; DAVIS, J; HULSEY, D; FORISTER, M. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialization. **The American Naturalist**, 161, 1, p. 1-28, 2003.
- BRABEC, M; BEHRMAN, J; EMMETT, S; GIBSON, E; KIDD, C; LEONARD, W. Birth seasons and heights among girls and boys below 12 years of age: lasting effects and catch-up growth among native Amazonians in Bolivia. **Annals of Human Biology**, 45,

4, p. 299-313, 2018

BRAZ, J. Fisiologia da termorregulação normal. **Revista Neurociências**, 13, 3, p. 12-17, 2005.

BRODIN H. Longitudinal bone growth and nutrition of the epiphyseal cartilages and the local blood supply: an experimental study in the rabbit. **Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum**, 20, 1, p. 9-92. 1955.

BROUILLETTE, B; VALENTI, V. **Geografía de America Latina: métodos y temas monográficos**. 1ª edição. Barcelona: Editorial Teide, 1975.

CAMERON, N. Essential anthropometry: Baseline anthropometric methods for human biologists in laboratory and field situations. **American Journal of Human Biology**, 25, 3, p. 291-299, 2013.

CLIMATE-DATA. **Dados Climáticos para Cidades Mundiais**. Disponível em: <<http://climate-data.org>>. Acesso em 30 out. 2018.

COWGILL, L; ELEAZER, C; AUERBACH, B; TEMPLE, D; OKAZAKI, K. Developmental variation in ecogeographic body proportions. **American Journal of Physical Anthropology**, 148, 4, p. 557-570, 2012.

CRAWFORD, M. **The Origins of Native Americans: Evidence from Anthropological Genetics**. 1ª edição. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

DEMENOCAL, P B. Climate and Human Evolution. **Science**, 331, p. 540-541, 2011.

DINIZ-FILHO, J; RODRIGUEZ, M; BINI, L. Climate history, human impacts and global body size of carnívora at multiple evolutionary scales. **Journal of Biogeography**, 36, 12, p. 2222-2236, 2009.

FABIAN, D; KAPUN, M; NOLTE, V. Genome-wide patterns of latitudinal differentiation among populations of *Drosophila melanogaster* from North America. **Molecular Ecology**, 21, 19, p. 4748–4769, 2012.

FEIERSTEIN, D. El concepto de genocidio y la "destrucción parcial de los grupos nacionales": Algunas reflexiones sobre las consecuencias del derecho penal en la política internacional y en los procesos de memoria. **Revista Mexicana de Ciencias Políticas y sociales**, 61, 228, p. 247-266, 2016.

FOSTER, F; COLLARD, M. A Reassessment of Bergmann's Rule in Modern Humans. **PLoS ONE**, 8, 8, p. 1-15, 2013.

FRISANCHO, A. **Human adaptation and accommodation**. 1ª edição. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1993.

FRISANCHO, A. Relative leg length as a biological marker to trace the developmental history of individuals and populations: growth delay and increased body fat. **American Journal of Human Biology**, 19, 5, p. 703–710, 2007.

GARN, S; SAALBERG, J. Sex and age differences in the composition of the adult leg. **Human biology**, 25, 2, p. 144-153. 1953.

GONZALEZ-SUAREZ, M; REVILLA, E. Variability in life-history and ecological traits is a buffer against extinction in mammals. **Ecology letters**, 16, 2, p. 242-251, 2013.

GOTT, R. América Latina como una sociedad de colonización blanca. **Estudios Avanzados**, 5, 8, p. 7-33, 2007.

GRONDIN, M; VIEZZER, M. **O maior genocídio da história da humanidade**. 1ª edição. Toledo: GMF Gráfica & Editora, 2018.

GUO, Y; GASPARRINI, A; ARMSTRONG, G; TAWATSUPA, B; TOBIAS, A; LAVIGNE, E; COELHO, S; PAN, X; KIM, H; HASHIZUME, M; HONDA, Y; GUO, L; WU, F; ZANOBETTI, A; SCHWARTZ, D; BELL, L; OVERCENCO, A; PUNNASIRI, K; LI, S; TIAN, L; SALDIVA, P; WILLIAMS, G; TONG, S. Temperature variability and mortality: a multi-country study. **Environ Health Perspect**, 124, 10, p. 1554-1559, 2016.

HALL, J; GUYTON, A. **Guyton & Hall: Tratado de Fisiologia Médica**. 12ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HARCOURT, A. **Human Biogeography**. London: University of California Press Ltd. 2012.

HARVATI, K; WEAVER, T. Human cranial anatomy and the differential preservation of population history and climate signatures. **The Anatomical Record Part A**, 288, 12, p. 1225–1233, 2006.

HOLLIDAY, T. Body proportions in Late Pleistocene Europe and modern human origins. **Journal of Human Evolution**, 32, 5, 423-447, 1997.

HOLLIDAY, T; HILTON, C. Body proportions of circumpolar people as evidenced from skeletal data: Ipiutak and Tigara (Point Hope) versus Kodiak Island Inuit. **American Journal of Physical Anthropology**, 142, 2, p. 287-302, 2009.

JAMES, F. Geographic size variation in birds and it's relationship to climate. **Ecology**, 51, 3, p. 365–390, 1970.

KATZMARZYK, P; LEONARD W. Climatic Influences on Human Body Size and Proportions: Ecological Adaptations and Secular Trends. **American Journal of Physical Anthropology**, 106, 4, p. 483-503. 1998.

KIMURA, K. Has the secular trend stopped in Japanese? **Japanese Journal of Human Posture**, 4, 2, 17-27, 1984.

KORMONDY, E; BROWN, D. **Ecologia Humana**. 1ª edição. São Paulo: Ateneu, 2002.

KURKI, H; GINTER, J; STOCK, J; PFEIFFER, S. Adult proportionality in small bodied foragers: a test of ecogeographic expectations. **American Journal of Physical Anthropology**, 136, 1, p. 28-38, 2008.

LEONARD, W. Physiological adaptations to environmental stressors. In: **Basics in Human Evolution**. 1º edição. New York: Elsevier, 2015. p. 251–272.

LEWIS, B; JURMAIN, R; KILGORE, L. **Understanding Humans: An Introduction to Physical Anthropology and Archaeology**. 11ª edição. Belmont: Wadsworth, 2012.

LUNZE, K; HAMER, D. Thermal protection of the newborn in resource- limited environments. **J Perinatol**, 32, 5, p. 317-324, 2012.

MAGALHÃES J, DUARTE J, ASCENSÃO A, OLIVEIRA J, SOARES J. O desafio da altitude. Uma perspectiva fisiológica. **Revista Portuguesa Ciências do Desporto**, 2, 4, p. 81-91, 2002.

MALINA, R; REYES, M; CHÁVEZ, G; LITTLE, B. Weight status of indigenous youth in Oaxaca, southern Mexico: concordance of IOTF and WHO criteria. **Annals of Human Biology**, 40, 5, p. 426-434, 2013.

MALINA, R; PEÑA-REYES, M; LITTLE, B. Secular change in the growth status of urban and rural schoolchildren aged 6-13 years in Oaxaca, southern Mexico. **Annals of Human Biology**, 35, p. 475-489, 2008.

MAYR, E. Geographical character gradients and climatic adaptation. **Evolution**, 10, 1, p. 105–108, 1956.

NEVES, W. E no princípio... era o macaco!. **Estudos Avançados**, 20, 58, p.249-285, 2006.

NOBACK, M; HARVATI, K; SPOOR, F. Climate-related variation of the human nasal cavity. **American Journal of Physical Anthropology**, 145, 4, p. 599-614, 2011.

NOGUEIRA, J. América do Sul: uma visão geopolítica. **IDN Cadernos**, 20, 1, p. 9-141, 2015.

O'NEIL, D. **Adapting to climate extremes**. Disponível em: <https://www2.palomar.edu/anthro/adapt/adapt_2.htm>. Acesso em: 11 nov. 2018.

PORTOCARRERO, G. La utopía del blanqueamiento y la lucha por el mestizaje. In:

PORTOCARRERO, G. **Hegemonía cultural y políticas de la diferencia**. 1º edição. Lima: CLACSO, 2013. p. 165-200.

QGIS, Equipe de desenvolvimento. **Sistema de Informações Geográficas do QGIS**. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em 30 out. 2018.

REBOITA, M; KRUSCHE, N; AMBRIZZI, T; ROCHA, R. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, 8, 1, p. 34-50, 2012.

RICKLEFS, R. **Economia da Natureza**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2010.

ROBERTS, D. Body weight, race and climate. **American Journal of physical Anthropology**, 11, 4, p. 533–558, 1953.

RODRÍGUEZ, M. De progreso y población: Breve análisis comparativo sobre la colonización en México y Chile en el siglo XIX - About progress and population: Brief comparative analysis of nineteenth century colonization in México and Chile. **Estudios Avanzados**, 23, p. 64-79, 2015.

ROSEMAN, C; AUERBACH, B. Ecogeography, genetics, and the evolution of human body form. **Journal of Human Evolution**, 78, p. 80-90, 2015.

RUFF, C. Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. **Journal of Human Evolution**, 38, 2, p. 269-290, 2000.

RUFF, C. Climate and body shape in hominid evolution. **Journal of Human Evolution**, 21, 2, p. 81–105, 1991.

RUFF, C. Morphological adaptation to climate in modern and fossil hominids. **American Journal of Physical Anthropology**, 37, 19, p. 65–107, 1994.

RUIZ-PESINI, E; MISHMAR, D; BRANDON, M; PROCACCIO, V; WALLACE, D. Effects of purifying and adaptive selection on regional variation in human mtDNA. **Science**, 303, 5655, p. 223–226, 2004.

SANTOS, B. O ciclo econômico da América Latina dos últimos 12 anos em uma perspectiva de restrição externa. **Revista do BNDES**, 43, p. 205-251, 2015

SANTOS, N; DUTRA, A; RIGHI, C; FILHO, F; PROENÇA, R. **Antropotecnologia: a ergonomia nos sistemas de produção**. 1ª edição. Curitiba: Gênese, 1997.

SCHREIDER, E. Geographical distribution of the body-weight/body-surface ratio. **Nature**, 165, 4190, p. 286, 1950.

SCHULTS, A. Fetal growth in man. **American Journal of Physical Anthropology**, 6, 4,

389–399, 1923.

SERRAT, M. Environmentally-determined tissue temperature modulates extremity growth in mammals: a potential comprehensive explanation of Allen's rule. Tese (Doutorado em Filosofia) – College of Biomedical Sciences, Kent State University, 2007.

SERRAT, M; SCHLIERF, T; EFAW, M; SHULER, F; GODBY, J; STANKO, L; TAMSKI, H. Unilateral Heat Accelerates Bone Elongation and Lengthens Extremities of Growing Mice. **Journal of Orthopaedic Research**, 33, 5, p. 692-698, 2015.

STEARNS, S. The Evolutionary Significance of Phenotypic Plasticity. **BioScience**, 39, 7, p. 436- 445, 1989.

STINSON, S. Variation in Body Size and Shape Among South American Indians. **American Journal of Human Biology**, 2, 1, p. 37-51, 1990.

STOCK, J. Are humans still evolving?. **European Molecular Biology Organization reports**, 9, 1, p. 51-54, 2008.

SULTAN, S. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in Plant Science**, 5, 12, 537–542, 2000.

SUNDAY, J; BATES, A; DULVY, N. Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. **Proceedings of the Royal Society**, 278, 1713, p. 1823–1830, 2010.

SYMCHYCH, N. An ecogeographic study of body proportion development in the Sadlermiut Inuit of Southampton Island, Nunavut. Tese (Doutorado em Filosofia) – Department of Anthropology, The University of Toronto. 2016

TANNER, J; HAYASHI, T; PREECE, M; CAMERON, N. Increase in length of leg relative to trunk in Japanese children and adults from 1957 to 1977: Comparison with British and with Japanese Americans. **Annals of Human Biology**, 9, 5, p. 411-423, 1982.

TILKENS, M; WALL-SCHEFFLER, C; WEAVER, T; STEUDAL-NUMBERS, K. The effects of body proportions on thermoregulation: An experimental assessment of Allen's Rule. **Journal of Human Evolution**, 53, 3, p. 286-291, 2007.

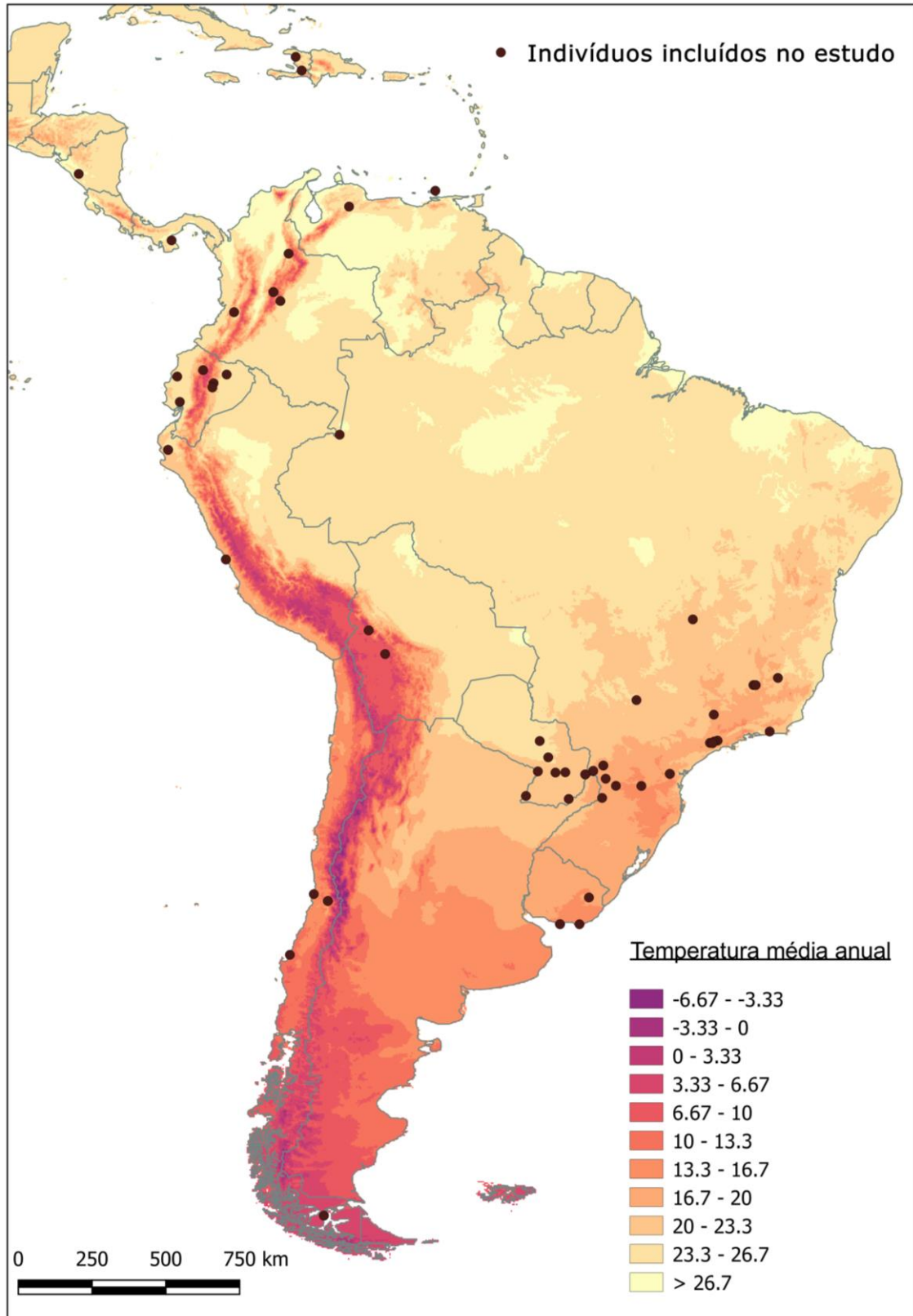
TOMASZEWSKA, A.; KWIATKOWSKA, B; JANKAUSKAS, R. Is the area of the orbital opening in humans related to climate? **American Journal of Human Biology**, 27, 6, 845–850, 2015.

VAREJÃO-SILVA, M. **Meteorologia e Climatologia**. 2ª edição. Recife: Versão Digital. 2006.

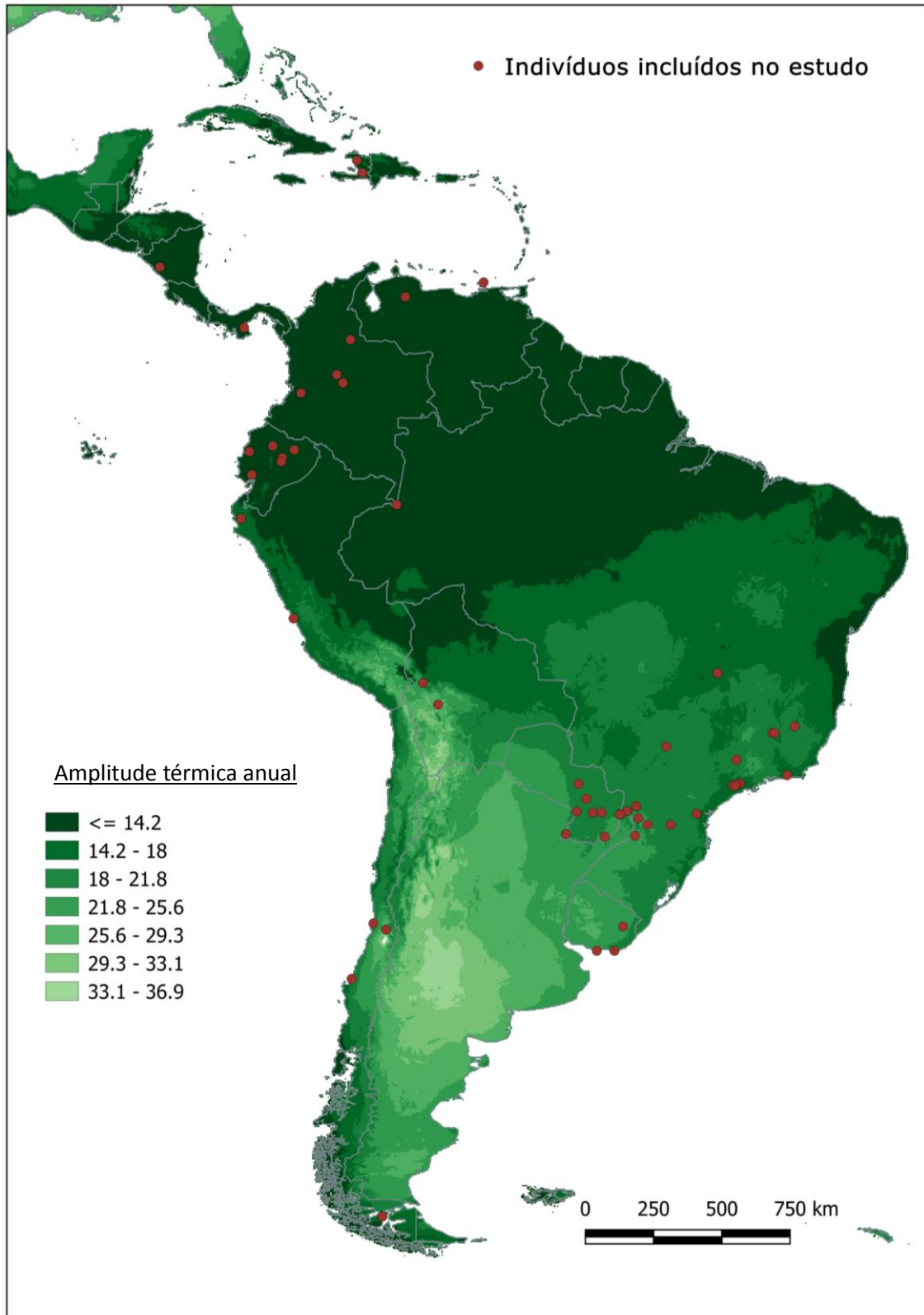
VOGELAERE, P; PEREIRA, C. Thermoregulation and aging - Termoregulação e envelhecimento. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, 24, 5, p. 747-761, 2005.

APÊNDICES

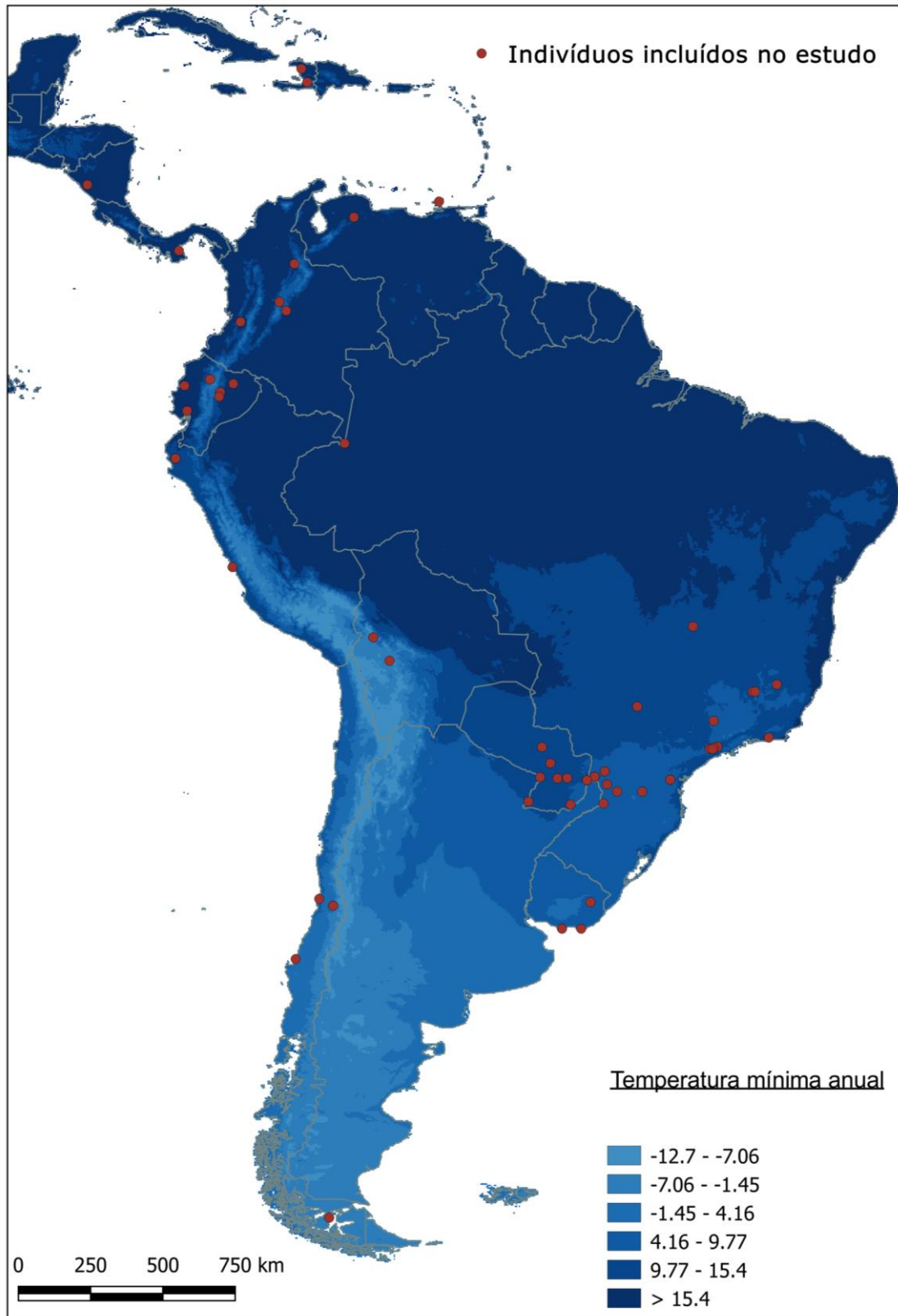
APÊNDICE A – Mapa da América Latina apresentando as temperaturas médias anuais entre 1970-2000.



APÊNDICE B – Mapa da América Latina apresentando as amplitudes térmicas anuais entre 1970-2000.



APÊNDICE C – Mapa da América Latina apresentando as temperaturas mínimas anuais entre 1970-2000.



APÊNDICE D – Ficha de coleta de dados.

FICHA DE COLETA DE DADOS

IDENTIFICAÇÃO

| | |
|---|----------------------------------|
| Nome: | Sexo: Masculino () Feminino () |
| Data de nascimento: __/__/____ | Idade: |
| País de nascimento: | |
| Cidade de nascimento: | |
| País onde viveu maior parte da infância/adolescência: | |
| Cidade onde viveu maior parte da infância/adolescência: | |
| Tempo de residência em Foz do Iguaçu: | |
| Idade de menarca: | |

VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS

| | | | |
|----------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|
| Massa corporal: (kg) | Estatura: (cm) | Estatura sentado: (cm) | |
| Distância bi-acromial: | 1ª medida: (cm) | 2ª medida: (cm) | 3ª medida: (cm) |
| Comprimento do úmero: | 1ª medida: (cm) | 2ª medida: (cm) | 3ª medida: (cm) |
| Comprimento do rádio: (cm) | Diâmetro torácico: (cm) | | |
| Distância bi-íliaca: | 1ª medida: (cm) | 2ª medida: (cm) | 3ª medida: (cm) |
| Comprimento femural: | 1ª medida: (cm) | 2ª medida: (cm) | 3ª medida: (cm) |
| Comprimento da tíbia: (cm) | | | |
| Dobra cutânea tricipital: | 1ª medida: (mm) | 2ª medida: (mm) | 3ª medida: (mm) |

ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS

| | |
|---|------------------|
| Índice de massa corporal: | Índice ponderal: |
| Índice crural: | Índice braquial: |
| Estimação da área de superfície: (cm ²) | |
| Relação área de superfície/massa corporal: | |

APÊNDICE E – Termo de consentimento de livre e esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você declara por meio deste termo que concorda em ser entrevistado(a) e aceita participar da pesquisa de campo referente ao trabalho de conclusão de curso intitulado “Aplicação das Regras de Bergmann e Allen à Humanos: Um estudo em amostragem Latino-Americana” desenvolvido por Ricardo Lequito Monsores Junior e orientado pelo professor Gleisson Alisson Pereira de Brito.

Afirma que aceita participar por própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa, e que foi esclarecido(a) que possui total e plena liberdade para desistir do estudo a qualquer momento que desejar sem lhe acarretar nenhum prejuízo. Também afirma que foi informado(a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que em linhas gerais é descrever a variabilidade de medidas antropométricas dos estudantes das diversas nacionalidades e verificar a aplicabilidade das regras de Bergmann e Allen para explicar a variação morfológica observada na América-latina.

Sua colaboração se fará de forma anônima, participando da entrevista semi-estruturada e medição de dados antropométricos, sem nenhum risco a saúde, e realizados após a assinatura desta autorização. Os dados coletados e suas análises serão utilizados para fins de publicação e divulgação científica.

Foz do Iguaçu, ____ de _____ de 2018.

- | | |
|------------------------------------|-------------------|
| 1. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 2. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 3. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 4. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 5. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 6. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 7. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 8. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 9. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 10. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 11. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 12. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 13. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 14. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 15. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 16. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 17. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 18. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 19. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |
| 20. Nome do(a) participante: _____ | Assinatura: _____ |