



**Bárbara Vieira Dias**

**Atividade física dos Paleoamericanos de Lagoa Santa, Minas Gerais: análise das propriedades geométricas da secção transversal de ossos longos**

Defesa de Mestrado

**Belém - Pará**

**2024**



**Bárbara Vieira Dias**

**Atividade física dos Paleoamericanos de Lagoa Santa, Minas Gerais: análise das propriedades geométricas da secção transversal de ossos longos**

Defesa de Mestrado

Trabalho de Dissertação apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Antropologia pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Pedro José Tótoro Da-Glória.

**Belém - Pará**

**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

D541a Dias, Bárbara Vieira.

**Atividade física dos Paleoamericanos de Lagoa Santa, Minas Gerais:** análise das propriedades geométricas da secção transversal de ossos longos/ Bárbara Vieira Dias. — 2024.

114 f.: il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Pedro José Tótora da Glória

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Antropologia, Belém, 2024.

1. Arqueologia. 2. Lagoa Santa. 3. Propriedades Geométricas Transversais. I. Título.

CDD 930.10

---



**Bárbara Vieira Dias**

**Atividade física dos Paleoamericanos de Lagoa Santa, Minas Gerais: análise das propriedades geométricas da secção transversal de ossos longos**

Defesa de Mestrado

Banca examinadora:

---

Examinador

---

Examinador

---

Orientador

**Belém - Pará**

**2024**

## AGRADECIMENTOS

A presente dissertação é resultado de um esforço coletivo. Aqui, gostaria de agradecer a todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para que essas páginas chegassem a você, querido leitor.

Ao meu maior Amor, em sua Santíssima Trindade, que é o motivo de eu estar viva e ter chegado até aqui. Yeshua foi, é e sempre será a razão pela qual vivo. À Virgem de Nazaré, por me cobrir com seu manto e sempre me levar de volta ao seu Filho.

À Eliane Vieira, por ter feito a escolha que me permitiu vir a este plano e por todos os dias do mais profundo amor, cuidado, lições, sorrisos e lágrimas desde então. À Maria Augusta Dias e Maria Neci Nascimento, por terem exercido muito mais do que o papel de avós – por serem minhas referências de resiliência, força, garra e fé. Deus me deu 3 mães incomparáveis, os verdadeiros amores da minha vida. A verdade é que sem elas eu nada seria.

Aos meus familiares, cada um deles que se dedicou a conversar, abraçar, pesquisar, fazer rir e o que mais estivesse ao seu alcance para que eu pudesse chegar até aqui. Alex, Karlen, Luiz, Roberta, Letícia, Jéssika, Luã, Nazaré e todos os Barbosas, Vieiras e Dias. Agradeço a Karleno Dias, por todas as horas de conversa que afastaram a solidão e por estar pronto, mesmo que de longe, para enfrentar o mundo ao menor sinal de que algo pudesse ser pôr no caminho da sua descendência.

Agradeço à Maria Eduarda que, com sua risada e lindos olhos castanhos, me deu forças para seguir em frente. Você ainda é muito nova para entender, Duda, mas salvou sua madrinha mais vezes do que pode imaginar.

Não posso deixar de agradecer aos amigos que me apoiaram. Rafaela, por ser a parte de mim que nasceu em outra família e, por mais de 18 anos, estar ao meu lado em todas as fases – todas mesmo. Rafa, obrigada por todas as vezes em que se dedicou a me fazer erguer a cabeça e seguir em frente. Márcia, Talita e Lucas, por terem escolhido o curso de Fisioterapia lá em 2016 – e terem me escolhido para amar, apesar dos meus sumiços. Daniel e Livia, por fazerem parte da minha vida ao longo desses anos, mesmo quando só conseguíamos nos ver por 10 minutos no supermercado. À Lissa, Jeferson e Carlos, por todas as horas dedicadas a me fazer rir ou ouvir meus longos desabafos e confiarem em mim mais do que eu mesma.

À Isabella, por partilhar todos aqueles momentos de curadoria e indignação com episódios de *true crime*, além de todas as revisões e conselhos. À Vitória, por ter tornado a experiência no Cemitério da Soledade ainda melhor de viver. À Sara, Sávio, Jéssica e Doriene por tornarem os dias de trabalho mais leves, se preocuparem com a minha péssima alimentação, ouvirem meus extensos relatos e, principalmente, me apoiar neste mestrado e segurarem as pontas nos momentos críticos do campo. Definitivamente, este trabalho não seria possível sem vocês.

Agradeço imensamente aos mestres que fizeram parte da minha trajetória. Ricardo, do Teorema, por ter despertado em mim a vontade de seguir as Ciências Humanas; Raphael, Maurício, Suellen e Natáli da Fisioterapia, por terem me ensinado a amar uma área que não esperava amar. A Pedro Da-Glória, por ter me dado a oportunidade de juntar os dois mundos e me guiar pelo caminho da bioarqueologia. À Mercedes Okumura e Christopher Ruff por todo o direcionamento e auxílio para que as análises fossem realizadas e este estudo pudesse existir. À Patricia Jeanne por ser um verdadeiro anjo, segurar minha mão na reta final e não me permitir desesperar. Mestres, vocês me ensinaram lições que vão além do acadêmico e profissional, e por isso serei eternamente grata.

À Evelyn, por todas as sessões de terapia que me ajudaram a permanecer no eixo e aprender que sou mais do que uma caixa de ansiedade e episódios depressivos.

Agradeço, em especial, a uma figura que se dedicou a cuidar de mim da melhor forma que pôde, por 20 anos inteiros. Ele que, na sua ausência, me fez perceber como a vida não espera estarmos prontos para os desafios, que as vezes precisamos redescobrir a própria força, erguer a cabeça e enfrentar o mundo; que sem querer me mostrou que a saúde é proporcional ao quanto amamos uma pessoa. Ao meu “pai-avô” Henrique Valter de Magalhães Dias, por **tudo**.

Por fim, permito-me agradecer à minha versão de 10 anos de idade, por ter se permitido sonhar e, principalmente, por não ter desistido.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Eliane,  
Neci, Augusta, Henrique, e a você,  
que está lutando contra a própria  
mente, enquanto tenta encontrar seu  
lugar no mundo.

## RESUMO

A Região de Lagoa Santa atrai a atenção de diversos pesquisadores ao redor do mundo desde o século XIX, principalmente no que diz respeito à sua extensa coleção osteológica. Desde as pesquisas realizadas por Peter Lund, o interesse por aspectos como saúde e estilo de vida dos grupos lagoa-santenses vem crescendo e resultando em análises que contribuíram com o entendimento sobre a vida de alguns dos paleoamericanos mais antigos da América do Sul. O objetivo principal do presente estudo é analisar as propriedades geométricas transversais do fêmur e úmero de uma amostra esquelética dos Paleoamericanos de Lagoa Santa, Minas Gerais, e, a partir dessa análise, inferir os níveis de atividade física desses caçadores-coletores. Ao todo, a amostra de Lagoa Santa é composta de 52 fêmures e 44 úmeros, todos pertencentes a indivíduos adultos. Foi utilizada a tomografia computadorizada para obter imagens da estrutura interna dos ossos, sem que houvesse danos aos ossos. As análises foram realizadas por meio do programa ImageJ, e geraram dados referentes às variáveis TA, CA, Ix, Iy, I<sub>max</sub>, I<sub>min</sub>, Z<sub>x</sub>, Z<sub>y</sub>, Z<sub>p</sub> e J. Além disso, foram selecionados grupos de caçadores-coletores e agricultores de 11 regiões mundiais para compor uma amostra comparativa. Os resultados demonstraram que Lagoa Santa apresenta uma alta atividade dos membros inferiores, de modo semelhante aos caçadores-coletores, com os resultados para membro superior indicando alta assimetria e dimorfismo sexual. Sendo assim, os padrões de atividade física observados em Lagoa Santa se mostram alinhados aos dos caçadores-coletores, e exibem adaptações ósseas que refletem uma vida fisicamente ativa, ao mesmo tempo que o uso dos membros superiores sugere uma diferença nas atividades executadas por grupos do sexo masculino e feminino.

Palavras chaves: Arqueologia, Lagoa Santa, Propriedades geométricas transversais.

## ABSTRACT

The Lagoa Santa region has attracted the attention of many researchers around the world since the 19th century, especially regarding its extensive osteological collection. Since the research carried out by Peter Lund, the interest in aspects such as the health and lifestyle of the Lagoa Santa groups has been growing, resulting in analyses that have contributed to understanding the lives of some of the oldest Paleoamericans in South America. The aim of the present study is to analyze the cross-sectional properties of the femur and humerus of a skeletal sample of Paleoamericans from Lagoa Santa, Minas Gerais, and, from this analysis, infer the levels of physical activity of these hunter-gatherers. In total, the Lagoa Santa sample consists of 52 femurs and 44 humeri, all belonging to adult individuals. Computed tomography was used to obtain images of the internal structure of the bones, without causing any damage to the bones. The analyses were performed using the ImageJ program and generated data regarding the variables TA, CA, Ix, Iy, I<sub>max</sub>, I<sub>min</sub>, Z<sub>x</sub>, Z<sub>y</sub>, Z<sub>p</sub> and J. In addition, groups of hunter-gatherers and farmers from 11 world regions were selected to compose a comparative sample. The results demonstrated that Lagoa Santa presents a high activity of the lower limbs, similar to other hunter-gatherers, with the results for the upper limb decreasing high asymmetry and sexual dimorphism. Therefore, the physical activity patterns observed in Lagoa Santa are aligned with those of hunter-gatherers and show bone adaptations that reflect a physically active life, while the use of the upper limbs suggests a difference in the activities performed by male and female groups.

Key words: archeology, Lagoa Santa, cross sectional geometry.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização de Lagoa Santa, no estado de Minas Gerais.....	20
<b>Figura 2:</b> Mapa da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa .....	20
<b>Figura 3:</b> Possível rota pela Beríngia. ....	21
<b>Figura 4:</b> Abrigo IV do conjunto Lapa Vermelha, APA Federal Carste de Lagoa Santa. 23	
<b>Figura 5:</b> Processo de remodelação óssea normal.....	28
<b>Figura 6:</b> Exemplo de forças atuantes sobre o tecido ósseo.....	30
<b>Figura 7:</b> Gráfico demonstrando como a estrutura óssea se comporta ao ser submetido à carga externa, ao longo do tempo.....	32
<b>Figura 8:</b> Representação de secção transversal em osso longo.....	33
<b>Figura 9:</b> Áreas que compõem a secção transversal de um osso longo. TA: Área Total; CA: Área Cortical e MA: Área Medular.....	34
<b>Figura 10:</b> Diferença nos formatos de secção transversal na diáfise femoral de dois indivíduos diferentes.....	36
<b>Figura 11:</b> Valores obtidos para os fêmures dos três grupos analisados, para cada uma das variáveis.....	63
<b>Figura 12:</b> Gráficos de caixa comparando os valores das propriedades TA e CA femorais dos grupos caçadores-coletores, agricultores e o grupo Lagoa Santa.....	63
<b>Figura 13:</b> Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os resultados das propriedades Ix, Iy e J femorais dos três grupos.....	63
<b>Figura 14:</b> Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os resultados das propriedades Zx, Zy e Zp femorais dos três grupos.....	64
<b>Figura 15:</b> Gráficos de caixa apresentando os valores de Zx/Zy e Ix/Iy dos fêmures, nos três grupos.....	65
<b>Figura 16:</b> Gráfico de coluna exibindo a comparação entre os úmeros dos três grupos analisados, para cada uma das variáveis.....	67
<b>Figura 17:</b> Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os grupos, para os valores de TA e CA umerais.....	68
<b>Figura 18:</b> Gráficos apresentando a comparação entre os valores de Ix, Iy e J obtidos para o úmero de cada grupo.....	68
<b>Figura 19:</b> Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os grupos, para os valores de Ix, Iy e J umerais.....	69

**Figura 20:** Comparação entre os index  $I_x/I_y$  e  $Z_x/Z_y$  umerais dos grupos caçadores-coletores, agricultores e Lagoa Santa..... 70

## LISTAS DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Sítios arqueológicos dentro da região de Lagoa Santa - incluindo remanescentes humanos datados do Holoceno inicial.....	24
<b>Tabela 2:</b> Propriedades geométricas e suas interpretações.....	35
<b>Tabela 3:</b> Número de fêmures presentes na amostra de Lagoa Santa.....	41
<b>Tabela 4:</b> Número de úmeros presentes na amostra de Lagoa Santa.....	41
<b>Tabela 5:</b> Quantitativo de indivíduos que compõem a amostra comparativa utilizada no presentetrabalho.....	44
<b>Tabela 6:</b> Propriedades geométricas analisadas no presente estudo e seus significados ..	46
<b>Tabela 7:</b> Fórmulas utilizadas para calcular massa corporal nas amostras de Lagoa Santa.....	48
<b>Tabela 8:</b> Fórmulas para correção dos valores de propriedades geométricas por massa corporal.....	48
<b>Tabela 9:</b> Métodos utilizados para corrigir os dados da amostra comparativa por massa corpórea.....	50
<b>Tabela 10:</b> Propriedades geométricas do úmero e fêmur de Lagoa Santa divididas por sexo.....	52
<b>Tabela 11:</b> Comparação das propriedades geométricas femorais entre as 3 coleções que compõem a amostra de Lagoa Santa.....	53
<b>Tabela 12:</b> Comparação das propriedades geométricas umerais entre as 3 coleções que compõem a amostra de Lagoa Santa.....	54
<b>Tabela 13:</b> Porcentagens de assimetria máxima e assimetria direcional entre os úmeros direito e esquerdo, no grupo de Lagoa Santa.....	54
<b>Tabela 14:</b> Valores correspondentes à assimetria do úmero, no grupo Lagoa Santa, de acordo com o sexo.....	55
<b>Tabela 15:</b> Assimetria direcional (%DirA) do úmero nos indivíduos de Lagoa Santa.....	56
<b>Tabela 16:</b> Assimetria máxima geral, dos indivíduos com ambos os úmeros disponíveis - organizado por sexo.....	57
<b>Tabela 17:</b> Valores das propriedades geométricas femorais da amostra comparativa.....	58
<b>Tabela 18:</b> Valores das propriedades geométricas umerais da amostra comparativa.....	60
<b>Tabela 19:</b> Comparação entre as propriedades geométricas femorais de caçadores-coletores.....	53

<b>Tabela 20:</b> Comparação entre os valores de $Zx/Zy$ e $Ix/Iy$ obtidos para os fêmures de cada um dos grupos.....	65
<b>Tabela 21:</b> Comparação entre as propriedades femorais dos grupos Lagoa Santa, Agricultores e Caçadores-Coletores de acordo com o sexo.....	66
<b>Tabela 22:</b> Comparação entre as propriedades geométricas umerais de caçadores-coletores.....	67
<b>Tabela 23:</b> Comparação entre os valores de $Zx/Zy$ e $Ix/Iy$ obtidos para os úmeros de cada um dos grupos.....	70
<b>Tabela 24:</b> Comparação entre as propriedades umerais dos grupos Lagoa Santa, Agricultores e Caçadores-Coletores de acordo com o sexo.....	71
<b>Tabela 25:</b> Síntese dos resultados obtidos na comparação entre os fêmures.....	78
<b>Tabela 26:</b> Síntese dos resultados obtidos na comparação entre os úmeros.....	83
<b>Tabela 27:</b> Dados base das amostras femorais de Lagoa Santa.....	99
<b>Tabela 28:</b> Dados base das amostras umerais de Lagoa Santa.....	101

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. A REGIÃO DE LAGOA SANTA .....</b>	<b>19</b>
<b>3. BIOMECÂNICA E ESTUDOS DE ATIVIDADE FÍSICA EM ARQUEOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. O tecido ósseo .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. As propriedades geométricas e os estudos bioarqueológicos .....</b>	<b>31</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Materiais .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Métodos .....</b>	<b>45</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>72</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
<b>8. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>87</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>99</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A região de Lagoa Santa possui relevância internacional desde que o dinamarquês Peter Lund publicou seu primeiro trabalho sobre os vestígios encontrados naquele local (Da-Gloria et al., 2016). Essas descobertas motivaram estudos contínuos que buscam decifrar aspectos da vida e da adaptação das populações antigas. Desde então, o carste de Lagoa Santa tem sido inserido em debates importantes sobre o povoamento das Américas, especialmente no que se refere às características morfológicas e culturais de seus primeiros habitantes, conhecidos como paleoamericanos (Neves et al., 2013).

A compreensão dos hábitos e padrões de adaptação ao meio ambiente de populações antigas é um grande desafio para a Arqueologia. O estudo desses grupos tem permitido avanços significativos no entendimento dos primeiros habitantes da América desde o século XX (Neves et al., 2013). Segundo Goodman e seus colaboradores (1988), a interação entre fisiologia, cultura e meio ambiente pode ser explicada pelo conceito de adaptação biocultural, que mostra como fatores ambientais, sociais e culturais, como dieta e trabalho, influenciam o corpo humano e sua adaptação ao longo do tempo. Nesse sentido, o corpo humano tem se mostrado uma ferramenta essencial na investigação da vida cotidiana desses povos. Em particular, o estudo dos ossos longos revela como o ambiente e as práticas culturais moldaram suas rotinas e adaptações físicas.

A análise bioarqueológica dos ossos longos, conectada ao conceito de adaptação biocultural, tem sido amplamente aplicada para investigar a adaptação de grupos pré-coloniais ao ambiente. Essa abordagem tem se mostrado particularmente eficaz para avaliar como o ambiente moldou a vida dessas populações. A biomecânica óssea oferece uma maneira única e detalhada para estudar o nível de atividade física, a mobilidade e o estilo de vida dessas populações (Ruff, 2000). A análise das propriedades geométricas das secções transversais dos ossos longos, como fêmur e úmero, revela adaptações biomecânicas que refletem os padrões de locomoção e o uso do corpo no cotidiano. Essa metodologia tem sido utilizada em diversas populações arqueológicas ao redor do mundo, permitindo inferências sobre subsistência, padrões comportamentais e níveis de atividade física (Gere e Timoshenko, 1990; Ruff e Larsen, 1990).

Nesse contexto, as inferências obtidas por meio da análise bioarqueológica dos achados de Lagoa Santa podem fornecer informações essenciais sobre a biologia e o comportamento dos primeiros caçadores-coletores da região (Neves e Hubbe, 2005). Ao

aplicar essas técnicas avançadas de análise biomecânica, espera-se gerar novas percepções sobre os modos de vida destes paleoamericanos, proporcionando uma compreensão mais detalhada de sua adaptação ao ambiente de Lagoa Santa. O estudo contribuirá, ainda, para o campo da Bioarqueologia, fortalecendo o debate sobre os padrões de saúde, mobilidade e atividade física em populações pré-históricas.

O conceito de paleoamericano começou a ser popularizado pelo arqueólogo A. V. Kidder na década de 1930 (Reyman, 1993), utilizado para descrever os primeiros habitantes do continente americano e suas culturas associadas. Mais recentemente, o termo tem sido usado para referir-se a diversas culturas e grupos de caçadores-coletores que habitaram as Américas durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno, sendo especialmente associado a grupos com morfologia craniana distinta dos indígenas atuais (Da-Gloria, 2012; Da-Gloria et al., 2018; Jantz e Owsley, 1997; Steele e Powell, 1999; Neves e Hubbe, 2005).

De modo geral, os paleoamericanos são caracterizados como caçadores-coletores, uma vez que, não há evidências de domesticação no registro arqueológico neste período (Araujo et. al, 2012). Em termos de saúde, caçadores-coletores são considerados grupos que tendem a ter boa higiene oral, dieta variada e baixos índices de infecções e traumas interpessoais. Eles também apresentam altos níveis de atividade e mobilidade quando comparados aos grupos agricultores (Larsen 2015; Cohen e Crane-Kramer, 2007). Contudo, os paleoamericanos apresentavam uma grande diversidade de estilos de vida que vai desde caçadores exclusivos até os grupos cuja dieta é predominantemente vegetal. Apesar dessa diversidade, os caçadores-coletores são usualmente vistos como opostos aos agricultores em termos de marcadores de saúde e estilo de vida. (Kelly, 1995). Portanto, a expectativa em relação aos lagoa-santenses era de que os padrões de mobilidade se igualassem aos padrões gerais de caçadores-coletores. No caso dos primeiros grupos a ocupar a América do Norte, a cultura Clóvis, que durante o século XX foi considerada a primeira a habitar o continente americano, apresentou altas taxas de mobilidade ao seguir os grandes grupos de megafauna nos Grandes Planaltos Norte-Americanos na transição do Pleistoceno para o Holoceno (Kelly e Todd, 1988; Da-Gloria e Larsen, 2017).

No entanto, um estudo extensivo realizado por Pedro Da-Glória (2012) questionou esse conceito generalizado do comportamento dos caçadores-coletores paleoamericanos. Através da análise da robustez externa do fêmur, Da-Gloria demonstrou que os habitantes

de Lagoa Santa apresentavam menor mobilidade, sugerindo uma correlação com ambiente territorial mais limitado, uma vez que, reduziria a necessidade de grandes deslocamentos para caça devido a uma dieta rica em vegetais (Da-Gloria, 2012; Da-Gloria, 2017). Esses fatores tornaram os paleoamericanos de Lagoa Santa mais semelhantes aos agricultores, especialmente em aspectos como higiene bucal, frequência de infecções, estresse e mobilidade. No entanto, a presença de osteoartrites e osteofitoses dos membros inferiores na análise realizada por Da-Gloria (2012) indicou a possibilidade de lesões por movimentos bruscos e extremos, enquanto no úmero, indicou alta atividade dos membros superiores (Da-Gloria, 2021). Isso sugere que, apesar da menor mobilidade, os habitantes de Lagoa Santa ainda realizavam atividades intensas.

Para aprofundar a investigação sobre os padrões de atividade física e adaptação biomecânica dos paleoamericanos de Lagoa Santa, a análise das seções transversais dos ossos longos oferece uma abordagem complementar, permitindo uma compreensão mais detalhada das respostas biomecânicas e dos padrões de atividade física dessa população (Lovejoy et al., 1976). Esse tipo de metodologia se baseia em princípios de engenharia, observando o osso como uma viga e calculando suas propriedades de resistência e rigidez da viga (nesse caso, de ossos longos) sob carga mecânica (Gere e Timoshenko, 1990). O uso de tomografia computadorizada para analisar os ossos de forma não destrutiva aumenta a precisão das investigações e ajuda a elucidar detalhes adicionais sobre a resistência óssea e a adaptação biomecânica dos habitantes de Lagoa Santa ao seu ambiente (Albuquerque et al., 2023).

Assim, esta dissertação tem como objetivo investigar o nível de atividade física e mobilidade dos indivíduos de Lagoa Santa por meio da análise das propriedades geométricas dos ossos longos, e se o resultado será compatível com os resultados obtidos por Pedro Da-Gloria (2012, 2021) – a dizer, que Lagoa Santa apresenta baixa mobilidade comparado com outros caçadores-coletores, demonstrando um desvio do padrão geral dos caçadores-coletores. Seguindo as grandes revisões dos padrões de atividade física inferidos em amostras esqueléticas, o padrão geral de mobilidade em agricultores inclui baixo dimorfismo sexual em relação aos caçadores-coletores (Larsen, 2015).

A análise dos ossos longos também permitirá investigar o uso dos membros superiores, especialmente o úmero, podendo fornecer evidências sobre atividades como a caça e o manejo de ferramentas (Ruff, 2000; Steele & Powell, 1999). A segunda hipótese

é de que os resultados das análises umerais demonstrem intenso uso dos membros superiores, seguindo o padrão dos caçadores-coletores. Tal padrão também é caracterizado por alto dimorfismo sexual dos membros superiores e acentuada assimetria entre os braços esquerdo e direito – especialmente em indivíduos do sexo masculino (Larsen, 2015). Ao aplicar essas técnicas avançadas de análise biomecânica, espera-se obter novos insights sobre os modos de vida dos paleoamericanos de Lagoa Santa, proporcionando uma compreensão mais detalhada de sua adaptação ao ambiente local. Este estudo contribuirá, ainda, para o campo da Bioarqueologia, fortalecendo o debate sobre os padrões de saúde, mobilidade e atividade física em populações pré-históricas.

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo é a 'Introdução', onde são apresentados o contexto, os objetivos e a estrutura do trabalho. O segundo capítulo, intitulado 'A Região de Lagoa Santa', apresenta uma revisão acerca do carste de Lagoa Santa, incluindo informações geográficas e um panorama dos estudos elaborados na região até o presente momento. O capítulo três, “Biomecânica e os estudos da atividade física em arqueologia”, foi elaborado com o intuito de oferecer uma compreensão dos mecanismos e forças que atuam sobre o corpo humano, gerando as adaptações ósseas ao longo do tempo. Além disso, descreve alguns estudos conduzidos nessa área e as evidências biomecânicas em remanescentes humanos de contextos arqueológicos.

O capítulo quatro apresenta os materiais e métodos utilizados na pesquisa, incluindo a descrição dos sítios de Lagoa Santa inclusos na amostra principal, os grupos de caçadores-coletores e agricultores inclusos na amostra comparativa, além das datações e do número de indivíduos de cada grupo. Também são descritos os métodos para análise das propriedades geométricas, estimativa de sexo e análises comparativas.

O capítulo cinco apresenta os resultados obtidos para a análise da secção geométrica de Lagoa Santa, comparando-os com os dados da amostra comparativa.

O capítulo seis, é composto pela “Discussão”, onde são analisados os resultados obtidos e o seu significado, além da apresentação das conclusões e dos possíveis impactos desses resultados na compreensão acerca dos paleoamericanos de Lagoa Santa. Por fim, são apresentadas as perspectivas para futuras pesquisas.

## **2. A REGIÃO DE LAGOA SANTA**

O Carste de Lagoa Santa corresponde a uma área com mais de 37 mil hectares, a qual abrange diversos municípios, incluindo o de mesmo nome. Nomeada oficialmente de Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa (APA Carste de Lagoa Santa), a região pertence ao estado de Minas Gerais, Brasil, estando localizada a aproximadamente 40 km de distância da capital Belo Horizonte (Figura 1). Situa-se em uma área cárstica, formada por planaltos com relevos ligeiramente acentuados, clima tropical e vegetações do tipo cerrado e floresta estacional semidecidual (ICMBIO, 2024).

Por conta de tal geologia cárstica, a região passa por processos de dissolução hídrica, os quais geram uma variedade de dolinas, abrigos rochosos e cavernas. Esses processos tornaram a região rica em formações geológicas diversas, como cavernas e abrigos, que são propícios para a preservação de variados materiais.

Os grupos de paleoamericanos que se estabeleceram na região, por volta de 10 mil anos AP (não calibrados) ocuparam essas formações e, hoje, Lagoa Santa é considerada uma das regiões com maior relevância para o estudo de sítios arqueológicos de paleoamericanos nas Américas (Da-Gloria, 2018; Flores, 2023). O solo rico em calcário desacelera a degradação dos componentes minerais dos ossos enterrados na região, conferindo, assim, um excelente estado de conservação aos vestígios arqueológicos ósseos (Auler e Piló, 2015).



Figura 6: Localização de Lagoa Santa, no estado de Minas Gerais (adaptado de Da-Glória, 2012).



Figura 7: Mapa da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa (ICMBIO, 2024).

Lagoa Santa ganhou relevância internacional desde que as primeiras pesquisas foram realizadas em 1835, com o dinamarquês Peter Lund. A Gruta do Sumidouro foi o palco de uma das descobertas mais importantes do naturalista: os mais de 30 remanescentes humanos misturados a ossos de animais extintos como a capivara gigante, o grande jaguar e o lobo de caverna – conhecidos, de modo geral, como megafauna

(Holten e Sterll, 2011). Essas descobertas abriram novos caminhos para a compreensão da história das Américas e tiveram um impacto significativo na ciência mundial.

Para compreender a relevância de Lagoa Santa, é pertinente que se entenda o contexto do povoamento da América. A principal hipótese sobre como os grupos humanos chegaram ao continente é a do acesso via estreito de Bering (Elias, 2002). Essa hipótese sugere que grupos de caçadores-coletores da Ásia cruzaram uma ponte de terra, conhecida como Beríngia (Figura 8), que ligava a Sibéria ao Alasca durante a última Era do Gelo há cerca de 15 mil a 20 mil anos (Hrdlicka, 1932, 1937).



Figura 8: Possível rota pela Beríngia. A imagem superior mostra o Estreito de Bering atualmente (2024), enquanto que o mapa inferior apresenta como a área seria, por volta de 18.000 anos atrás. Fonte: Google Earth; Bond, JD. 2019).

Uma variação importante dentro da hipótese é a ideia da migração pela costa do Pacífico, a qual sugere que os primeiros habitantes da América teriam viajado ao longo

da costa deste oceano em embarcações rudimentares, explorando as ricas zonas costeiras (Nichols, 2002; Jantz e Owsley, 2005; Erlandson et al., 2011). Evidências de assentamentos antigos na costa do Pacífico, como em Monte Verde, no Chile (Dillehay, 2020), apoiam essa teoria, e indicam que o povoamento pode ter ocorrido de maneira mais rápida do que a inicialmente proposta.

Os vestígios e evidências arqueológicas desempenham um papel crucial na compreensão do povoamento da América. Sítios como Clóvis, nos Estados Unidos, e o já citado Monte Verde, no Chile, apresentam artefatos que datam de períodos pleistocênicos, formando o que se acreditava ser a primeira presença humana no continente (Dillehay, 1989, 1997). A chamada Cultura Clóvis, que surgiu em torno de 12 mil anos atrás (Waters e Stafford, 2007; Lynch, 1990), foi considerada por muitos anos a primeira cultura quando se pensava em povoamento da América.

A principal característica dessa cultura era a baixa densidade de indivíduos, com alta mobilidade dentro do território. Quanto à subsistência, a característica predominante seria a caça de megafauna, mas também havia a coleta de frutos silvestres e plantas (Neves e Cornero, 1997; Roosevelt et al., 2002). Contudo, estudos desenvolvidos nos últimos anos indicam que, embora a cultura Clóvis tenha sido predominante no território dos Estados Unidos, outras culturas contemporâneas podem ter coexistido em diferentes partes do continente, desafiando a ideia de uma única cultura para o povoamento das Américas (Dillehay 1989, 1997, 2020; Waters et al., 2011). Uma possibilidade para explicar essa diversidade é que a colonização do território americano teria ocorrido em várias ondas, permitindo que os povos se espalhassem por todo o continente, desde o Norte até a América do Sul (Neves e Hubbe, 2005). Entre os sítios arqueológicos que revelam vestígios desse processo, Lagoa Santa certamente possui destaque.

A relevância de Lagoa Santa como uma área central para o entendimento das primeiras ocupações nas Américas incentivou o desenvolvimento de novas expedições arqueológicas na região durante o século XX. Dentre as mais importantes estão as expedições realizadas por Hurt e Blasi (1969) na década de 1950, e a missão franco-brasileira liderada por Laming-Emperaire (1979) na década de 1970.

A missão franco-brasileira escavou o sítio de Lapa Vermelha IV, que, apesar dos poucos vestígios arqueológicos, evidenciou uma sequência de ocupação humana contínua por meio de 15 metros de sedimento (Laming-Emperaire, 1979). No estrato correspondente ao Pleistoceno, um crânio humano e outros ossos do esqueleto axial e apendicular foram encontrados. As associações estratigráficas sugeriram que o indivíduo em questão viveu entre 11.500 e 11.000 anos AP (Neves et al., 1999; Feathers et al., 2010). Este esqueleto se tornou a grande evidência da antiguidade da população de Lagoa Santa e recebeu o nome que se tornaria conhecido internacionalmente: Luzia.



*Figura 9: Abrigo IV do conjunto Lapa Vermelha, APA Federal Carste de Lagoa Santa. Fonte: Alenice Baeta 2017.*

**Tabela 1:** Sítios arqueológicos dentro da região de Lagoa Santa - incluindo remanescentes humanos datados do Holoceno inicial (adaptado de Da-Glória 2012)

<b>Nome do Sítio</b>	<b>Pesquisador chefe</b>	<b>Ano de escavação</b>	<b>Referência</b>
<b>Lapa da Amoreira</b>	Padberg-Drenkpol	1926	Padberg-Drenkpol (1926)
<b>Lapa Mortuária</b>	Padberg-Drenkpol	1926	Padberg-Drenkpol (1926)
<b>Lapa de Carrancas</b>	Bastos de Avilla	1937	-
<b>Lagoa Funda</b>	Harold Walter	1940	Walter (1958)
<b>Abrigo de Samambaia</b>	Harold Walter	1946	Walter (1958)
<b>Abrigo de Mae Rosa</b>	Harold Walter	1949	Walter (1958)
<b>Abrigo do Eucalipto</b>	Harold Walter	1948-49/1954	Walter (1958)
<b>Abrigo do Galinheiro</b>	Harold Walter	1940's/1950's	Walter (1958)
<b>Abrigo do Sumidouro</b>	Harold Walter	1940's/1950's	Walter (1958)
<b>Abrigo de Limeira</b>	Harold Walter	1952-53	Walter (1958)
<b>Cerca Grande</b>	Wesley Hurt e Oldemar Blasi	1956	Hurt e Blasi (1969)
<b>Boleiras</b>	Wesley Hurt, Oldemar Blasi e Walter Neves	1956/2001-03	Hurt e Blasi (1969), Neves e colaboradores (2004)
<b>Santana do Riacho 1</b>	Andre Prous	1976-79	Prous (1992/1993)
<b>Lapa do Santo</b>	Walter Neves	2003-2009	Neves e colaboradores (2008), Strauss (2010)

No que diz respeito aos estudos sobre saúde e estilo de vida, as pesquisas sobre esse tópico são realizadas desde Lund. O dinamarquês identificou que os crânios encontrados no Sumidouro apresentavam perfurações, reabsorção alveolar e perda de dente antemortem – o que, para ele, indicava ocorrência de violência e idade avançada dos indivíduos, respectivamente (Lund, 1844). Em 1958, Harold Walter descreveu a população de Lagoa Santa como um grupo livre de cáries e infecções, mas com fortes

indícios de desgaste e perda dentária antemortem. Tais condições dentárias foram relacionadas à mastigação de comida não processada, uso dos dentes incisivos para processar comida e aos efeitos do processo de envelhecimento (Walter, 1958). Outra pesquisa importante foi conduzida por Souza (1992, 1993), com os remanescentes de Santana do Riacho 1. Utilizando-se da abordagem osteobiográfica, a autora descreveu lesões e patologias, identificando taxas altas de traumas acidentais, infecções e linhas de Harris, mas baixa quantidade de cáries, osteoartrites e algumas marcas musculares.

Em 2000, um grande programa de pesquisa se iniciou sob coordenação do professor Walter Neves da Universidade de São Paulo (USP). Tal projeto reuniu cientistas de várias áreas, possibilitando novas perspectivas para compreender comportamento e estilo de vida em Lagoa Santa. Contando com técnicas mais modernas de escavação, o time de pesquisadores recuperou remanescentes humanos, animais, material lítico e botânico oriundos de abrigos, sítios a céu aberto e cavernas (Bernardo et al., 2017).

No sítio Lapa das Boleiras, foram encontrados depósitos de sedimento predominantemente antropogênico, com cinzas e material orgânico em geral. Da mesma forma, o abrigo de Lapa do Santo apresentou mais de 4 metros de sedimento depositado sobre o solo, sem evidências de sedimentos externos à área (Araujo et al, 2008, Villagran et al., 2017). Tais resultados indicam uma área repetidamente ocupada durante o Holoceno inicial, contradizendo as expectativas para caçadores-coletores que, de modo geral, viviam em pequenos grupos com alto grau de mobilidade dentro do território.

Um estudo que apresentou amplos resultados sobre saúde e estilo de vida em Lagoa Santa foi realizado por Pedro Da-Glória (Da-Gloria, 2012; 2021), no qual foram analisados 195 esqueletos datados entre 10.000 e 7.000 anos AP. Os aspectos analisados na pesquisa foram saúde bucal e subsistência; atividade física e tecnologia; infecções, mobilidade e ocupação do território; estresse durante o crescimento e desenvolvimento; e violência interpessoal e conflitos sociais.

O autor utilizou a dimensão externa da diáfise do fêmur para analisar a mobilidade da população de Lagoa Santa, gerando um índice que indica se aquele osso possui um formato mais circular ou mais ovalado - o que possui relação direta com o grau de uso dos músculos dos membros inferiores. Os indivíduos de Lagoa Santa apresentaram um relativo baixo valor desse índice, quando comparados a outras populações caçadoras-

coletoras do continente. De fato, existe uma variabilidade considerável de estratégias de ocupação do território e padrões de mobilidade entre os caçadores-coletores, desde grupos mais sedentários no litoral aos mais móveis no ártico (Kelly, 2013).

Em seus estudos, Da-Glória (2012, 2021) comparou a população de Lagoa Santa com os dados presentes no Western Hemisphere Project – e das 12 populações caçadoras-coletoras usadas como comparativo, onze são costeiras, com geralmente mobilidades territoriais menores. O relativo baixo índice de mobilidade dos indivíduos de Lagoa Santa fica ainda mais acentuado com essa amostra comparativa. Ainda assim, é preciso reafirmar que não há evidências de domesticação de plantas em Lagoa Santa, tratando, portanto, de um resultado dentro do espectro de variação da mobilidade de caçadores-coletores.

Além desses resultados, também foi identificada alta prevalência de doenças degenerativas da articulação (DDA) (Da-Gloria e Oliveira, 2017, Da-Gloria, 2012, 2021), nas articulações móveis. Tais alterações articulares podem ser causadas por traumas, doenças sistêmicas e estresse mecânico, e possuem relação com a idade, massa corporal e anatomia articular (Weiss e Jurmain, 2007). As DDAs são interpretadas de modo geral como marcadores de atividade física (Larsen, 2015). A presença de DDAs em membros superiores e vértebras indica alto uso de braços e tronco, em Lagoa Santa.

Outro estudo que abordou mobilidade nos indivíduos de Lagoa Santa utilizou o método de histomorfometria para analisar o tecido ósseo de seis indivíduos de Santana do Riacho (Guimarães, 2019, 2024). Essa pesquisa analisou diversas variáveis ósseas e realizou comparações com outras populações, realizando análises em duas variáveis para avaliar a intensidade da remodelação óssea. Os resultados obtidos por Guimarães mostraram padrões indicativos de altos níveis de atividade física e diferenças significativas entre indivíduos do sexo feminino e masculino no sítio Santana do Riacho. Contudo, é importante reiterar que os resultados são oriundos de uma amostra pequena de um único sítio.

Desde então, poucos estudos bioarqueológicos tiveram a oportunidade de analisar a coleção de Lagoa Santa com tanta profundidade. Os incêndios no Museu Nacional do Rio de Janeiro, em setembro de 2018, e no Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais, em junho de 2020, danificaram de modo

irreparável mais da metade da coleção osteológica de Lagoa Santa. Tais fatos reduziram ainda mais a possibilidade de acessar informações que um dia estiveram contidas nos ossos desses indivíduos. Felizmente, os dados armazenados em Belo Horizonte, e utilizados no presente estudo, foram coletados antes do ocorrido.

Em suma, Lagoa Santa continua sendo um patrimônio científico e cultural de grande relevância para os campos da antropologia e arqueologia. Nos últimos 180 anos, a região revelou a maior coleção de remanescentes humanos datados do início do Holoceno no continente americano, desempenhando um papel fundamental na compreensão do complexo processo de povoamento da América do Sul (Hubbe e Neves, 2017). A obra pioneira de Peter Lund e as pesquisas subsequentes colocaram a região de Lagoa Santa como um ponto central nos estudos sobre a presença humana nas Américas, contribuindo continuamente para debates científicos e novas perspectivas sobre os modos de vida dos primeiros habitantes do continente.

Da-Gloria (2012), por sua vez, destacou a importância das análises ósseas em contextos arqueológicos para compreender os padrões comportamentais dos paleoamericanos, reforçando o papel de Lagoa Santa na compreensão das primeiras populações humanas nas Américas. Nesse contexto, torna-se essencial explorar mais detalhadamente o tecido ósseo como um registro das atividades e adaptações dessas populações. Como mencionado anteriormente, a análise biomecânica dos ossos proporciona dados valiosos sobre a atividade física, mobilidade e condições de vida dos primeiros habitantes da região, revelando como o ambiente influenciava suas rotinas diárias. No próximo capítulo, abordaremos o conceito de biomecânica aplicada à arqueologia, além dos mecanismos de adaptação do tecido ósseo aos estímulos mecânicos externos, contribuindo para o entendimento das adaptações funcionais dos paleoamericanos.

### **3. BIOMECÂNICA E ESTUDOS DE ATIVIDADE FÍSICA EM ARQUEOLOGIA**

#### **3.1 O Tecido Ósseo**

Compreender o tecido ósseo é fundamental para entender como os paleoamericanos se adaptaram às condições de vida do passado. A análise do osso permite identificar adaptações biomecânicas que indicam os níveis de atividade física e os padrões de comportamento dessas antigas populações.

Para compreender de forma clara como o tecido ósseo se adapta aos estímulos externos, é importante compreender sua fisiologia. Os ossos humanos são formados por dois tipos de componentes, sendo o primeiro orgânico e o segundo mineral. A parte orgânica do tecido ósseo corresponde a uma mistura de colágeno tipo I, glicoaminoglicanos, protoglicanos e glicoproteínas adesivas. Já a parte inorgânica corresponde a 50% da matriz óssea e é composta por cristais de hidroxiapatita, formados primariamente por fósforo e cálcio, além de bicarbonato, potássio, magnésio, sódio e citrato (Junqueira e Carneiro, 2017).

Duas das principais células que compõem o tecido ósseo são os osteoblastos e os osteoclastos. Os osteoblastos são células de alta atividade metabólica responsáveis pela produção da parte orgânica da matriz óssea. Já os osteoclastos são células grandes que participam do processo de reabsorção e remodelação óssea (Katchburian e Arana, 1999). Durante o crescimento do indivíduo, a atividade dessas células é voltada para a modelação e crescimento do osso, o que permite que ele atinja sua forma e tamanho finais. Em um indivíduo adulto, a remodelação é resultado da atividade equilibrada dos osteoblastos e osteoclastos, sendo que tal processo é contínuo e responsável por manter a integridade física e estrutural do osso (Essel, 2001). A densidade mineral óssea é o resultado desse processo de produção e reabsorção do tecido ósseo.

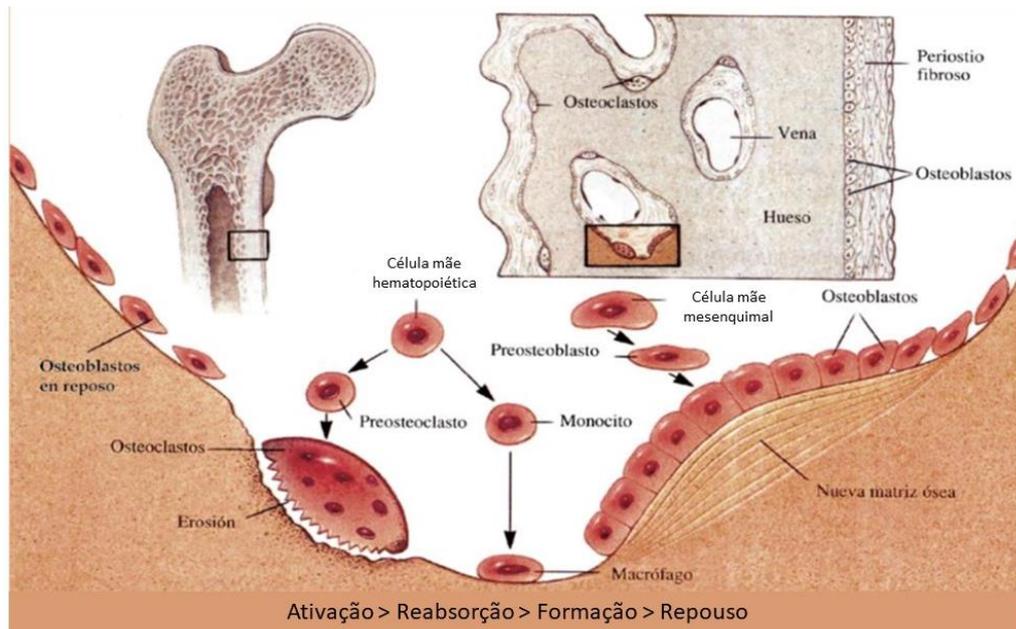


Figura 10: Processo de remodelação óssea normal (adaptado de Yeste e Carracosa, 2015).

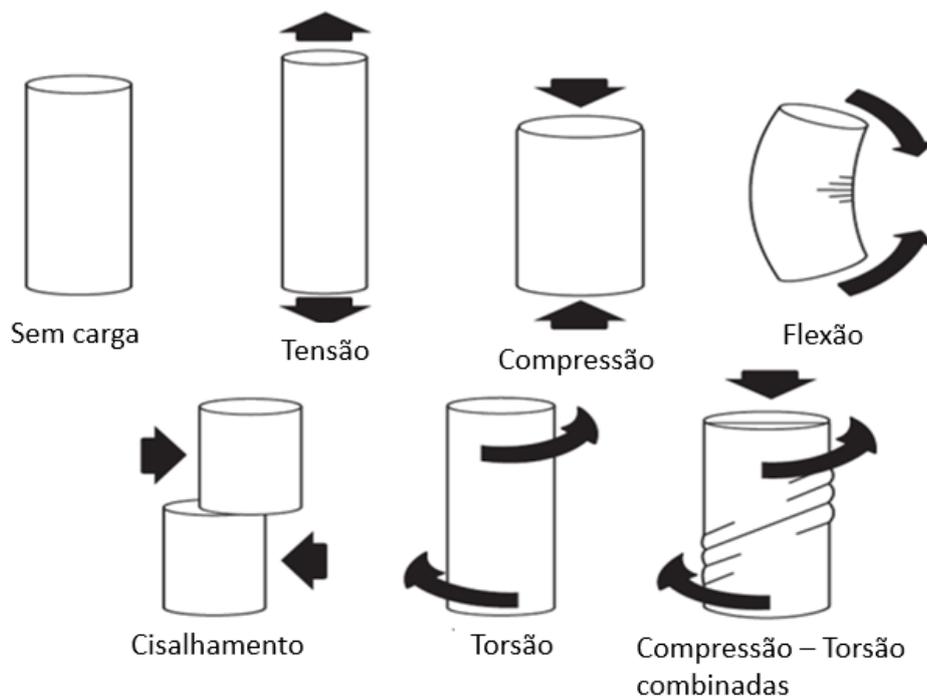
Pode-se afirmar que existe um nível basal de tensão atuando sobre o tecido ósseo e, quando há um novo estímulo – como a atividade física, por exemplo, ou aumento da massa corporal – a resposta fisiológica é aumentar a deposição de tecido ósseo. Em caso de diminuição dessa taxa de tensão basal, como é o caso de indivíduos internados por longos períodos, a reabsorção óssea se torna maior do que a deposição de tecido novo, enfraquecendo a estrutura óssea. Nos dois casos, o objetivo da resposta ao estímulo é alcançar a homeostase corporal (Ruff, 2018). Essa importante característica óssea é a base para o conceito de “adaptação funcional óssea” – que remonta à “Lei de Wolff” formulada no século XIX (Ruff et al., 2006).

Essa “taxa de tensão basal” ou “nível de deformação habitual ideal” (Ruff, 2018) pode variar entre indivíduos, com base em fatores como genética, alimentação, idade, fatores hormonais, entre outros. Um exemplo dessas diferenças foi apresentado em uma pesquisa que comparou amostras arqueológicas de Great Basin com outros grupos de nativos americanos (Ruff, 1999), observando-se que os primeiros possuíam uma massa óssea menor, provavelmente por sua dieta inadequada. Porém, os ossos se remodelaram de forma a preservar resistência, devido a um provável estilo de vida fisicamente exigente. Isso revela que a arquitetura óssea remodela de acordo com as forças que são aplicadas nos ossos.

Estudos evidenciam que a atividade física é um dos fatores que está diretamente relacionado com a já citada densidade mineral óssea (Dalmolin et al., 2013; Cadore, Bretano e Kruehl, 2005). Como mencionado anteriormente, a biomecânica é essencial para entender o

comportamento do tecido ósseo diante das diferentes forças e momentos que ele deve resistir, especialmente no esqueleto apendicular (Currey, 1970; Markel et al., 1994). A compreensão dessas forças permite identificar como o tecido ósseo se adapta às atividades cotidianas e aos estímulos mecânicos (Schwarz, 1996).

As principais forças atuantes nos ossos são: tensão, compressão, flexão, torção e cisalhamento; as quais podem ser analisadas tanto em um osso inteiro como em um único pedaço. É importante dizer que, normalmente, uma gama de forças atua sobre os ossos nas atividades fisiológicas cotidianas, como caminhada e corrida. Sendo assim, a sobrecarga não envolve a atuação das forças de forma isolada, e sim em uma combinação dos vetores de força (Larsen, 2015).



*Figura 11: Exemplo de forças atuantes sobre o tecido ósseo (adaptado de Larsen 2015)*

Os ossos são considerados materiais viscoelásticos – distendem-se de forma lenta quando estão sob uma carga baixa e, quanto maior o tempo sob a aplicação de tal carga, mais o tecido se distende (Souza et al., 2009). O tecido ósseo é dinâmico, sendo constantemente modelado e remodelado conforme as forças exercidas sobre ele, além de possuir um caráter anisotrópico,

ou seja, resiste de forma diferente dependendo do tipo e da direção da carga aplicada (Wainwright, 1988). As propriedades mecânicas do tecido ósseo, como resistência à fratura e rigidez, dependem dessas características, sendo a porção orgânica responsável pela maleabilidade tecidual e resistência à fratura, compressão e tração, enquanto a parte inorgânica confere resistência à deformação (Castro JR et al., 2008).

É importante ressaltar que as propriedades mecânicas ósseas não são iguais em todas as direções (Souza et al., 2009). O tecido ósseo é mais resistente longitudinalmente do que nas orientações radial ou tangencial e, dessa forma, mais suscetível à fratura se receber uma carga na direção perpendicular à sua estrutura (Cordey, 2000; Schwarz, 1996). Atividades físicas podem exercer diferentes tipos de forças sobre o esqueleto, tornando o estudo da biomecânica imprescindível para entender a adaptação funcional óssea.

Buscando testar esses princípios, Simkin e colegas (1989) realizaram experimentos com três grupos de roedores: o primeiro grupo foi submetido a treinamentos de natação com duração de uma hora por dia; o segundo grupo seguia a mesma linha de treinamento, porém carregando um peso extra e o terceiro grupo de roedores não possuía treinamento, nem contato com a água. Os resultados revelaram que os dois grupos de roedores que passavam pelo treinamento, apresentaram uma camada periosteal mais espessa do que os roedores sedentários.

Seres humanos que praticam altos níveis de atividades envolvendo o membro superior dominante, como lançadores no beisebol (King et al., 1969), tenistas (Kannus, 1995) ou praticantes de rodeio (Claussen, 1982), apresentam hipertrofia considerável na região externa da diáfise dos ossos longos – no membro dominante - chegando a uma diferença de 35% entre os lados esquerdo e direito (Jones et al., 1977). O exercício físico agudo pode aumentar, inclusive, biomarcadores do processo de remodelação – porém, os efeitos variam e são influenciados pelo tipo de exercício e o impacto da carga sobre o osso (Dolan et al., 2022; Lester et al., 2009).

Assim, a biomecânica se mostra essencial não apenas para entender as forças que atuam sobre o tecido ósseo, mas também para explorar como essas forças moldam sua estrutura ao longo do tempo, permitindo inferências sobre os níveis de atividade física e o estilo de vida das populações antigas, como veremos a seguir na análise das propriedades geométricas dos ossos longos.

### **3.2 As propriedades geométricas e os estudos bioarqueológicos**

Uma das técnicas quantitativas mais utilizada para estudar o nível de atividade física em seres humanos é a análise de propriedades geométricas por meio de secção transversal de ossos longos, a qual mensura a quantidade e distribuição do tecido ósseo em uma seção (Ruff, 2008). A análise de tais propriedades é baseada no “*beam model*” – o modelo de viga – oriundo dos estudos de engenharia. Huiskes (1982) notou que as diáfises de ossos longos, quando estão sob determinadas cargas mecânicas, comportam-se de forma semelhante às vigas de construção e, dessa forma, poderiam ser analisadas sob a perspectiva da mesma teoria usada no design de estruturas.

Segundo essa teoria, pressões no interior do material (chamadas aqui de estresse) são resultado da aplicação de forças externas e podem ser mensuradas por meio do cálculo das propriedades geométricas, obtidas a partir de um ponto perpendicular ao eixo da viga. Quando uma força atua sobre o corpo, o tecido ósseo responde resistindo à essa carga, e neste período há pouca ou nenhuma mudança estrutural (Hamill et al., 2016). A partir de determinado ponto, no qual há uma sobrecarga na estrutura, o tecido ósseo sofre uma mudança de formato, chamada deformação, cujo grau depende de características específicas (Hall, 2015).

Em um primeiro momento, essa deformação é chamada de elástica, o que significa que se a carga for removida, o tecido retorna ao seu aspecto original. Porém, caso a sobrecarga ou estresse alcance um nível crítico, a estrutura óssea entrará em falência – e no caso do osso humano, seria o ponto em que ocorre uma fratura. Chama-se de **resistência** (em inglês *strength*) a habilidade que o osso possui de resistir à fratura, enquanto a habilidade de resistir à deformação é chamada de **rigidez** (em inglês *rigidity*) (Larsen, 2015; Ruff, 2008, 2018). Portanto, a rigidez permite que o osso suporte o peso e carga mecânica exercidos sobre corpo sem deformar, enquanto a resistência é necessária para que não ocorra fratura sob esta aplicação de carga (figura 12).

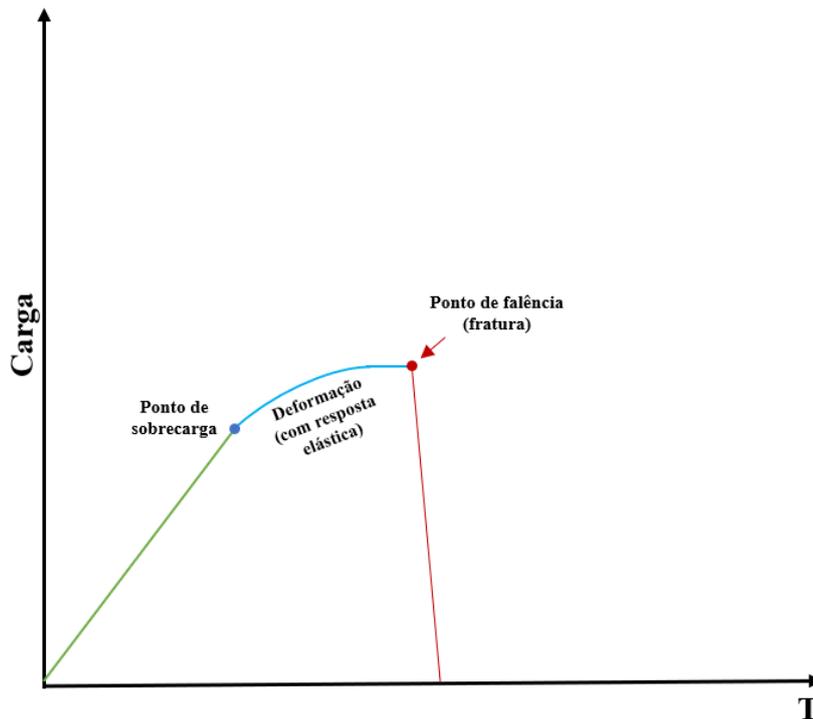


Figura 12: Gráfico demonstrando como a estrutura óssea se comporta ao ser submetida à carga externa, ao longo do tempo. (Fonte: autora)

Para a mensuração de rigidez, as propriedades analisadas incluem os parâmetros áreas (“*areas*” em inglês) e segundo momento de área (“*second moments of area*” -SMA). Em “*áreas*” está inclusa a área subperiosteal total (TA), área medular ou endosteal (MA) e a área cortical (CA) (Figura 7). TA e CA são as propriedades que correspondem às maiores áreas da secção óssea, incluindo as superfícies periosteal e endosteal (Ruff, 1991). Se medirmos as larguras mediolateral (ml) e anteroposterior (ap) das diáfises dos ossos longos (Figura 12), podemos usar a fórmula do cilindro para calcular as áreas (Larsen, 2015):

$$TA = \pi \left( \frac{Tap}{2} \right) \left( \frac{Tml}{2} \right)$$

$$MA = \pi \left( \frac{Map}{2} \right) \left( \frac{Mml}{2} \right)$$

$$CA = TA - MA$$

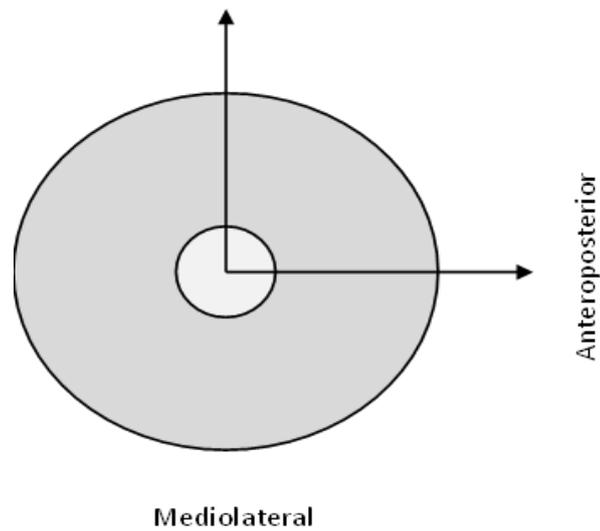


Figura 8: Representação de secção transversal em osso longo

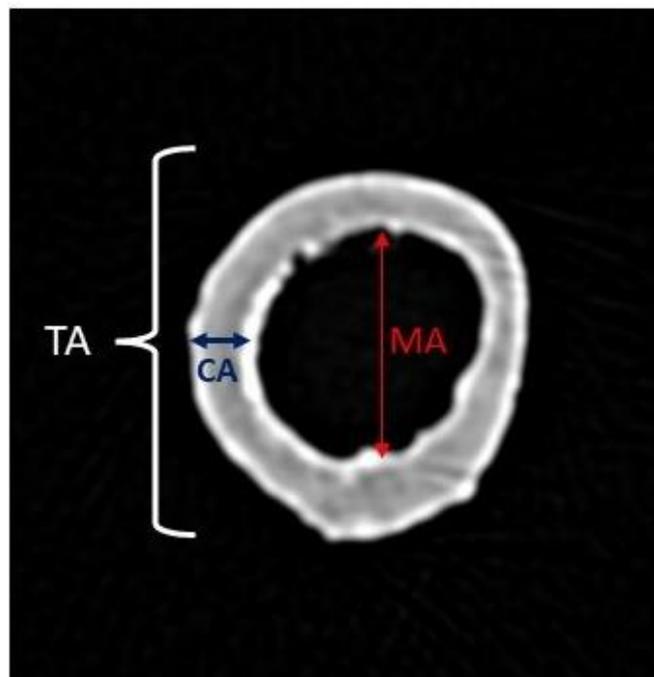


Figura 9: Áreas que compõem a secção transversal de um osso longo. TA: Área Total; CA: Área Cortical e MA: Área Medular. Fonte: a autora.

No qual, T equivale ao diâmetro total da seção e M corresponde ao diâmetro da região medular. A área cortical mede a quantidade osso cortical presente na seção e é um indicador

da força da diáfise, sob uma carga axial (Ruff, 2008). Em uma secção, a expansão nos valores de TA e CA indicam que o tecido ósseo se distribui para longe do eixo central do osso, além de que CA tem sido usado como indicador de nutrição.

Entretanto, a aplicação de forças exclusivamente axiais sobre os ossos longos é rara, uma vez que, tais ossos possuem curvas e são afetados pelas forças exercidas pela musculatura. A maior parte das forças que atuam sobre os ossos longos, especialmente na diáfise, possuem características de torção ou flexão (Larsen, 2015). As propriedades geométricas “SMA” têm se mostrado como indicadores mais fidedignos da rigidez dos ossos, já que são utilizadas para mensurar flexão e torção nos ossos longos.

As propriedades referentes aos SMA são  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $J$ ,  $I_{max}$  e  $I_{min}$  e cada uma está associada a uma força exercida sobre o tecido ósseo. Para demonstrar a rigidez óssea durante a flexão, utiliza-se  $I_x$  (no plano anteroposterior) e  $I_y$  (no plano mediolateral) (Ruff, 2008). Valores de  $I_{max}$  e  $I_{min}$  expressam o máximo e mínimo, respectivamente, de rigidez durante a flexão. Somando os valores de  $I_x$  e  $I_y$ , ou os valores de  $I_{max}$  e  $I_{min}$ , obtêm-se o valor de  $J$  – a medida da rigidez do tecido durante a força de torção (Ruff, 2008).

Durante a análise das propriedades que mensuram a resistência sobre ossos longos, deve-se observar com atenção as diferenças quanto à rigidez. As propriedades de resistência da secção transversal são chamadas também de módulo da secção (do inglês “*section moduli*”). As tensões máximas acontecem na porção mais externa da secção, sendo assim, calcula-se a propriedade resistência dividindo os valores de SMA obtidos para rigidez pela distância que há entre a superfície externa e o eixo neutro da secção. Esses resultados são expressos utilizando a letra  $Z$  ( $Z_x$  e  $Z_y$ ), sendo que a resistência à força de torção é expressa como  $Z_p$ , conforme resumido na tabela abaixo:

**Tabela 2:** Propriedades geométricas e suas interpretações

<b>Propriedade Óssea</b>	<b>Variável</b>	<b>Interpretação</b>
<b>Rigidez</b>	$I_x$	Flexão AP
	$I_y$	Flexão ML
	$I_{max}$	Máximo de rigidez
	$I_{min}$	Mínimo de rigidez
	$J$	Torção
<b>Resistência</b>	$Z_x$	Flexão AP

Zy	Flexão ML
Zp	Torsão e média de força

É relevante mencionar que a acurácia desse tipo de análise depende da disponibilidade de amostras que possuam o contorno periosteal e endosteal totalmente intactos, bem como a marcação precisa do ponto da secção na diáfise (Larsen et al., 2013; Ruff, 2010a; 2010b). Outra variável importante de ser mencionada é o índice  $I_x/I_y$ , ou  $Z_x/Z_y$ , que indica o formato da secção. Um formato mais circular (valores próximos a 1) indica uma distribuição homogênea do tecido ósseo, enquanto um formato mais oval (valores maiores ou muito abaixo de 1) indica que há uma força maior sendo aplicada em um único sentido – como o anteroposterior (Ruff, 2017). A figura 8 apresenta um exemplo descrito por Ruff (2017) sobre a diferença na morfologia da secção transversal.

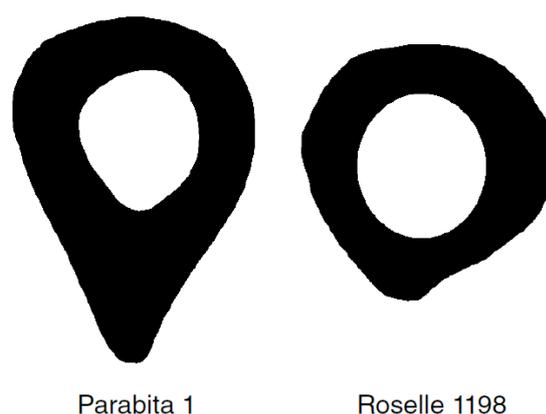


Figura 10: Diferença nos formatos de secção transversal na diáfise femoral de dois indivíduos diferentes. Parabita 1 possui um valor de  $Z_x/Z_y$  de 1,37, enquanto que Roselle 1198 apresentou um valor de 0,90. Valores  $\geq 1$  estão relacionados a formatos mais ovais de secção geométrica (Ruff 2017).

Pensando nas características do tecido ósseo apresentadas, é possível compreender sua importância no estudo dos níveis de atividade física em grupos humanos do passado. Por meio da análise dos remanescentes humanos, é possível inferir variados aspectos de seu dia a dia. Diversos métodos são empregados na investigação da reação do tecido ósseo como, por exemplo, a análise de robustez externa do fêmur, a qual consiste na medição da região externa da diáfise femoral (Larsen, 2015). Indicadores osteológicos como marcadores musculares de

estresse e doenças articulares degenerativas contribuem para os estudos sobre mobilidade e atividade física em geral de comunidades antigas (Da-Gloria, 2021).

Em um estudo, por exemplo, cerca de cinquenta metacarpos, de 10 indivíduos, foram analisados (Wong et al., 2017), sendo o ponto de análise da secção na região central da diáfise. Os resultados demonstraram que os metacarpos possuem uma resistência especificamente adaptada à sobrecarga que é exercida durante o uso padrão das mãos, ou seja, se adaptaram às atividades exercidas por tais mãos no dia a dia. Outra forma de se analisar o tecido ósseo é por meio de análise histomorfométrica. Seis indivíduos adultos, oriundos do sítio Santana do Riacho em Minas Gerais, tiveram secções da porção média do fêmur analisadas por esse método (Guimarães 2019, 2024). Os resultados desse estudo demonstraram níveis altos de atividade física, com nível significativo de dimorfismo sexual.

Um dos estudos mais conhecidos, sobre análise de secção geométrica em remanescentes de povos antigos, analisou-se as propriedades de tíbia e fêmur em 119 indivíduos (Ruff e Hayes, 1983). A população de Pecos Pueblo, a qual possuía subsistência principalmente agrícola associada à caça em montanhas e planícies, apresentou um formato de secção, na metade da diáfise do fêmur, menos circular do que o grupo comparativo moderno, indicando uma significativa força de flexão no sentido anteroposterior sobre o osso analisado. Segundo os resultados encontrados pelos autores, as diferenças encontradas em cada secção analisada, seja no fêmur ou na tíbia, podem estar relacionadas com cargas mecânicas intensas, *in vivo*, sobre os membros inferiores – possivelmente relacionadas à mobilidade desse grupo.

No que tange ao estudo sobre atividade física de comunidades antigas, técnicas não invasivas são as principais escolhas dos pesquisadores. O uso da Tomografia Computadorizada (TC) vem ganhando destaque, devido à possibilidade de manter os ossos intactos e, ao mesmo tempo, garantir a visualização da distribuição do tecido ósseo interno, para que sejam analisadas as propriedades relacionadas à adaptação tecidual ao estímulo mecânico externo. Aproveitando as vantagens da técnica citada, a secção transversal dos ossos tem se mostrado um importante indicador de atividade física. Mas, apesar das evidências que embasam a análise de padrões de atividade física, por meio do estudo com ossos humanos, é preciso estarmos atentos aos outros fatores que podem influenciar na morfologia óssea, como hormônios, sexo biológico, idade do indivíduo e fatores nutricionais (Gosman et al., 2011; Nelson et al., 2004; Ruff, 2008).

Em outro estudo (Ruff, et al., 1984), as características estruturais do fêmur de dois grupos distintos de Georgia Coast foram analisadas – grupo pré-agricultura (2200 anos AC até 1150

AD) e um grupo de agricultores (1150 AD até 1550). Como resultado, os pesquisadores encontraram um declínio em quase todas as propriedades geométricas do grupo agricultor, sugerindo uma redução relativa da carga mecânica sobre o fêmur, relacionada aos níveis e tipos de atividade envolvendo os membros inferiores.

O aumento do sedentarismo é considerado umas das maiores causas do declínio da robustez óssea (Ruff et al., 2015) – ainda que exista exceções, devido a carga biomecânica do processamento de alimentos. A redução de mobilidade a partir do final do Pleistoceno contribuiu para que houvesse mudanças importantes na organização social, demografia, saúde e prevalência de doenças em muitas comunidades humanas (Larsen, 2006). Alguns estudos sugerem que a redução na mobilidade seria uma resposta a mudanças na subsistência, como a transição de um modelo de caça e coleta para a agricultura (Bocquet-Appel, 2002). Há evidência de maior prevalência de patologias dentárias e esqueléticas em indivíduos agricultores do que forrageadores, além da já citada redução da robustez esquelética (Larsen, 1995).

Essa relação com a transição para a agricultura também é levada em consideração quando pensamos nas atividades do membro superior. De modo geral, os grupos caçadores-coletores apresentavam alta mobilidade dos membros superiores, bem como uma assimetria acentuada entre os úmeros direito e esquerdo (Larsen, 2015). Isso se deve à variedade e intensidade das atividades físicas que realizavam, como caça, coleta e a utilização de diversas ferramentas, que geralmente exigiam o uso acentuado de um membro específico. Esses movimentos variados podem levar a um desenvolvimento desigual dos músculos e, conseqüentemente, a uma maior assimetria óssea.

O advento da agricultura introduziu uma variedade de tarefas manuais que impactaram significativamente a carga e o uso dos membros superiores. Houve então uma mudança nos padrões de atividade, como explicada por Macintosh et al. (2014), que observam que a intensificação da agricultura levou ao aumento da diversidade nas atividades manuais, impulsionada por avanços tecnológicos e mudanças na divisão do trabalho. As implicações dessas mudanças são evidentes nas adaptações biomecânicas observadas em restos esqueléticos, onde a baixa assimetria umeral foi associada à carga bilateral de tarefas agrícolas, como moer grãos, arar e colher (Macintosh et al., 2014).

A análise da assimetria também pode revelar dados importantes sobre dimorfismo sexual em um grupo. O dimorfismo sexual em ossos longos é frequentemente atribuído a diferentes demandas físicas associadas a estratégias de subsistência. Em sociedades de caçadores-

coletores, onde os níveis de mobilidade e atividade física são tipicamente mais altos, o dimorfismo sexual pronunciado é frequentemente observado. Por exemplo, Carlson et al. destacam que em populações mais ativas fisicamente, como caçadores-coletores na Austrália, há um dimorfismo sexual acentuado no esqueleto pós-craniano, refletindo as maiores demandas físicas colocadas em machos envolvidos em atividades como caça Carlson et al. (2007). Esta observação se alinha com as descobertas de Ruff, que argumenta que o dimorfismo sexual sistemático na estrutura dos ossos longos reflete diferenças nos padrões de atividade entre os sexos, particularmente em relação a viagens de longa distância e mobilidade (Ruff, 2024).

Já em comunidades agrícolas, a dinâmica do dimorfismo sexual pode mudar. Em ambientes agrícolas, onde os papéis dos grupos de sexo masculino e feminino são frequentemente mais definidos e especializados, os primeiros podem se envolver em tarefas intensivas em trabalho, como arar, enquanto os segundos podem se concentrar no processamento de alimentos e no cuidado doméstico. Essa divisão do trabalho pode resultar em adaptações físicas distintas, como visto nos restos esqueléticos de agricultores, que frequentemente mostram maior robustez no grupo do sexo masculino devido ao seu envolvimento em trabalho pesado (Bove, 2023).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Materiais**

Os remanescentes humanos analisados no presente estudo são oriundos de sítios arqueológicos da região de Lagoa Santa: Lapa do Santo, Lapa das Boleiras, Santana do Riacho e dos diversos sítios que compõem a coleção Harold Walter. As datações por radiocarbono conferiram uma antiguidade entre 7.000 e 10.000 anos AP, não calibrados, para a coleção Lagoa Santa analisada (Da-Gloria, 2012). A datação obtida para a coleção Harold Walter é proveniente de 12 amostras de dentes e fragmentos de ossos do crânio, resultando em um intervalo de datas entre 9.000 e 7.000 anos. Já a coleção de Santana do Riacho obteve datações diretas, bem como de camadas arqueológicas (Da-Gloria, 2012), as quais variam entre 8.000 e 10.000 anos AP (não calibrados). Existem 13 datações para a coleção que está na Universidade de São Paulo, sendo 3 do sepultamento III de Lapa das Boleiras e 10 oriundos de oito sepultamentos de Lapa do Santo. As datas variam de 7.000 a 9.640 anos AP (não calibrados) (Da-Gloria e Oliveira, 2017).

#### Coleção Harold Walter

A coleção Harold Walter é composta de sete sítios arqueológicos - Eucalipto, Galinheiro, Lagoa Funda, Limeira, Mãe Rosa, Samambaia e Sumidouro (Walter, 1958). Essa coleção foi curada pelo Laboratório de Estudos Evolutivos Humanos da USP (LEEH-USP) e armazenada no Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais (MHN-UFMG). Devido à falta de proveniência arqueológica específica dos ossos, o LEEH-SP decidiu organizar o acervo por região anatômica. Cada espécime recebeu um código composto pelas letras HW e um número entre 1 a 2640.

#### Coleção Santana do Riacho

As amostras que compõem a coleção Santana do Riacho foram curadas e analisadas na UFMG. A descrição de Santana do Riacho 1 encontra-se em Prous e Malta (1991) e Prous (1992, 1993). Quanto à organização do acervo, os sepultamentos são nomeados em ordem sequencial, de I a XXVIII. Quando vários indivíduos fazem parte de um enterro, uma letra é adicionada ao lado do número romano, diferenciando assim os indivíduos (por exemplo, “Va” e “Vb”).

Infelizmente, não é possível acessar de modo direto as coleções de Santana do Riacho e Harold Walter, pois ambas sofreram danos consideráveis durante o incêndio do MHNJB-UFMG em 2020 e não há notícias sobre seu atual estado de conservação. No que diz respeito à coleção de Lagoa Santa que estava no Museu Nacional, essa também foi afetada por um incêndio em 2018, antes de ser possível realizar a tomografia computadorizada.

#### Coleções Lapa do Santo e Lapa das Boleiras

Os esqueletos dos sítios Lapa do Santo e Lapa das Boleiras compõem o acervo da Universidade de São Paulo (USP) e foram minuciosamente escavados e curados, sendo mantidos em condições controladas de temperatura e umidade. O sítio da Lapa do Santo é o sítio mais bem estudado da região de Lagoa Santa em termos de datação direta em osso e cronologia arqueológica. Seus sepultamentos foram organizados em números sequenciais de I a XXVII. A coleção da Lapa das Boleiras é constituída por três indivíduos de Boleiras 1 e um indivíduo de Boleiras 2, sendo que o indivíduo incluso na presente amostra pertence ao primeiro sítio.

O acervo da USP é resultado de escavações entre 2001 e 2009, relatadas em detalhes em Neves e colaboradores (2004a, 2008). Os esqueletos da Lapa do Santo foram descritos em

Strauss (2010), enquanto um breve relato de rituais mortuários em Boleiras é encontrado em Neves e colegas (2002).

#### Amostra analisada

Ao todo, a amostra analisada no presente estudo é composta de 52 tomografias de fêmures e 44 úmeros, todos pertencentes a indivíduos adultos (a partir dos 20 anos de idade), cujas tomografias foram coletadas por Pedro Da-Gloria em 2016. O conjunto de fêmures apresenta 12 espécimes oriundos de indivíduos do sexo masculino, 16 do sexo feminino e 24 espécimes que não puderam ter o sexo identificado. Já para o úmero, há 17 espécimes do sexo feminino, 17 do sexo masculino e dez que não tiveram o sexo identificado.

A maior parte das amostras de Lagoa Santa, que puderam ter o sexo identificado, passou pela inferência de sexo a partir de marcadores tradicionais, como características do osso pélvico e do crânio. No que diz respeito ao crânio, foram analisadas crista nugal, margem supraorbital, glabella, eminência mental da mandíbula e o processo mastoide (Buikstra e Ubelaker, 1994). Já para a inferência de sexo por meio do osso pélvico, foram analisados o arco ventral, incisura ciática maior, sulco pré-auricular, concavidade subpúbica, ângulo subpúbico e crista do ramo isquipúbico (Steckel et al., 2006).

Selecionou-se os fêmures esquerdos de Lagoa Santa para composição da amostra que seria comparada a outros grupos, visto que o quantitativo de fêmures esquerdos foi maior do que os espécimes do lado direito. Assim foi executado para o úmero, o qual também apresentou um maior quantitativo de lados esquerdos. Se ambos os lados do úmero de um mesmo indivíduo estivessem presentes, foi realizada a média dos valores. O número de fêmures e úmeros que compõem a amostra de Lagoa Santa está descrito nas Tabelas 03 e 04, respectivamente.

**Tabela 3:** Número de fêmures presentes na amostra de Lagoa Santa.

<b>Coleção</b>	<b>Harold Walter</b>		<b>Lapa do Santo</b>		<b>Santana do Riacho</b>	
	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito
<b>Homens</b>	3	3	2	2	1	1
<b>Mulheres</b>	1	2	5	5	1	2
<b>Não Identificado</b>	13	10	0	0	1	0
<b>Total (ossos)</b>	17	15	7	7	3	3

<b>Total (indivíduos)</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>3</b>
-------------------------------	-----------	----------	----------

**Tabela 4:** Número de úmeros presentes na amostra de Lagoa Santa.

<b>Coleção</b>	<b>Harold Walter</b>		<b>Lapa do Santo</b>		<b>Santana do Riacho</b>		<b>Boleiras</b>	
<b>Lado</b>	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito
<b>Homens</b>	3	1	5	5	1	1	0	1
<b>Mulheres</b>	5	8	1	1	1	1	0	0
<b>Não Identificado</b>	6	4	0	0	0	0	0	0
<b>Total (ossos)</b>	14	13	6	6	2	2	0	1
<b>Total (indivíduos)</b>	<b>14</b>		<b>6</b>		<b>2</b>		<b>1</b>	

#### Descrição da Amostra Comparativa

Onze regiões geográficas, entre caçadores-coletores e agricultores, foram selecionadas para compor a amostra comparativa: Georgia Coast (Ruff, et al., 1984) e Great Basin (Larsen, et al., 1995) na América do Norte, Orange River Valley, na África do Sul (Cameron e Pfeiffer, 2014), os grupos Ertebolle, Escandinávia e Finlândia, França, Itália, Península Ibérica, Balcãs e Região do Centro-Norte da Europa (Ruff, 2017) e Trinil, na Indonésia (Ruff, 2022).

A amostra de Georgia Coast (Ruff, 1984) é composta por dois grupos, agricultores e indivíduos caçadores-coletores, contando com 20 fêmeas em cada grupo e um número similar de ossos esquerdos e direitos. Na amostra da África do Sul (AS) foram incluídos indivíduos do sexo masculino e feminino, bem como ambos os lados do úmero. Na AS, quando o fêmur direito não estava disponível, o esquerdo foi adicionado à amostra. Importante explicar que o grupo AS, estão inclusos indivíduos de 3 regiões diferentes: *fynbos*, *forest* e *inland*; e apresenta um total de 91 indivíduos. A amostra do subgrupo *fynbos* é composta por 27 fêmeas e 58 úmeros, *forest* contém 55 úmeros e 20 úmeros, e *inland* apresenta 15 fêmeas e 32 úmeros.

Já a amostra de fêmur direito, original da Indonésia (Ruff, 2022) e chamada Trinil 9, foi encontrada por Teuku Jacob em 1978, ao longo da margem do Rio Solo. A área de Trinil tem uma formação geológica complexa, consistindo em depósitos do Pleistoceno Inferior ao Médio sobrepostos e incisos por depósitos mais jovens relacionados a terraços (Berghuis et al., 2021). O terraço no qual Trinil 9 foi encontrado não possui datações diretas disponíveis, porém, foi correlacionado a outros terraços bem datados da área de Kendeng (Rizal et al., 2020). Essa análise mostrou que o terraço de Trinil 9 se correlaciona com o terraço mais jovem da área de Kendeng, o qual foi datado em, aproximadamente, 31.000 anos AP. A amostra do grupo *Great Basin* conta com 24 fêmures e 27 úmeros – incluindo sete pares (Larsen, et al., 1995). Os dois lados do fêmur foram incluídos na amostra, bem como os do úmero. No caso dos sete pares, foi realizada a média dos valores obtidos para o direito e o esquerdo.

A partir do banco de dados disponibilizado, a amostra europeia (Ruff, 2017) foi selecionada seguindo os mesmos critérios estabelecidos para Lagoa Santa. Apenas o fêmur esquerdo foi escolhido para composição dos grupos e, ambos os lados do úmero foram incluídos. No caso de haver os úmeros esquerdo e direito do mesmo indivíduo, foi realizada a média dos valores. Tais critérios resultaram na inclusão de 238 fêmures e cerca de 271 úmeros. Com exceção de Ertebolle, os subgrupos europeus foram nomeados de acordo com a região de onde as amostras vieram. Essa escolha foi feita por conta da subsistência de Ertebolle ser ligeiramente diferente dos outros caçadores-coletores, uma vez que, esses indivíduos incluíram a pesca na sua subsistência (Ruff, 2017).

#### Critérios de Inclusão e Exclusão

Entre os critérios necessários para inclusão de um grupo na amostra comparativa está a secção do fêmur em 50% do comprimento, secção do úmero em 35% a partir da epífise distal e que os indivíduos pertencessem ao período pré-colonial, no caso do contexto americano, e pré-histórico no contexto do Velho Mundo. Outro critério importante para inclusão de um grupo na amostra comparativa foi a presença de dados referentes ao fêmur e/ou úmero esquerdo.

Caso não houvesse a possibilidade de acessar os valores brutos das propriedades geométricas da amostra, da metodologia utilizada para padronização por peso ou no caso de os resultados desses estudos terem sido apresentados em unidades diferentes às da maioria – de modo que não haveria tempo hábil para realizar buscas e conversões - o grupo foi removido da amostra comparativa. Tais razões resultaram na remoção da amostra oriunda de sambaquis brasileiros (Konskier, 2016) e da amostra japonesa (Kimura, 2006).

A tabela abaixo apresenta os grupos que foram incluídos na amostra comparativa da presente pesquisa.

**Tabela 5:** Quantitativo de indivíduos que compõem a amostra comparativa utilizada no presente trabalho. CC: caçador-coletor; AG: agricultor; N: indivíduo. \*Não calibrados. Os valores fora dos parênteses representam o número de indivíduos de cada grupo. Valores dentro dos parênteses representam o quantitativo de ossos.

Referência	Sítio	Região	N- Fêmur	N- Úmero	Datação (AP*)	Subsistência
<b>Cameron e Pfeiffer, 2014</b>	Fynbos	Orange River Valley (África do Sul)	27 (27)	29 (58)	10.000	CC
	Forest		20 (20)	25 (49)	10.000	CC
	Inland		15 (15)	16 (30)	10.000	CC
<b>Larsen, Ruff, Kelly, 1995</b>	Stillwater (Great Basin)	América do Norte	24 (24)	10 (20)	2.500- 3.200	CC
<b>Ruff, 2017</b>	Ertebolle	Europa	10 (10)	11 (22)	6.950	CC
	Centro Norte da Europa		4 (4)	3 (6)	5.523 – 31.427	CC
	França		9 (9)	10 (20)	6.575- 19.013	CC
	Itália		6 (6)	9 (18)	8.138- 16.332	CC
	Península Ibérica		10 (10)	3 (6)	7.025- 7.781	CC
	Balcãs		17 (17)	12 (24)	9.271	CC
<b>Ruff, 2017</b>	Escandinávia e Finlândia	Europa	64 (64)	81 (162)	3.975- 5.790	AG
	Centro Norte da Europa		49 (49)	50 (100)	3.800- 7.300	AG
	France		17 (17)	27 (54)	6.100	AG
	Italy		34 (34)	39 (78)	3.400- 5.450	AG
	Península Ibérica		18 (18)	26 (52)	3.450	AG
<b>Ruff, 2022</b>	Trinil (Indonésia)	Sudeste da Ásia	1 (1)	0	37.000 a 32.000	CC
<b>Ruff,Larsen,Hayes 1984</b>	Georgia Coast	América do Norte	20 (20)	0	3.900	CC
			20 (20)	0	400	AG
<b>Total:</b>			<b>365 (365)</b>	<b>351 (699)</b>		

## 4.2 Métodos

Há parte das amostras de Lagoa Santa (Coleção Harold Walter) que não puderam passar previamente pela identificação de sexo, pois os ossos longos não estavam individualizados. Portanto, para inferir tal informação sobre essas amostras, foi realizada uma análise discriminante, utilizando o programa BioEstat 5.0, com base no método descrito em Da-Glória (2012, Apêndice A). Este método faz uma discriminante utilizando as medidas de ossos com sexo conhecido e classifica os ossos com sexo desconhecido baseado nas equações produzidas. A análise por discriminante leva em considerações medidas como diâmetro vertical da cabeça do úmero, diâmetro da cabeça do fêmur ou largura do epicôndilo –tanto do úmero quanto do fêmur. Na coleção Harold Walter, que não tinha identificação de sexo para nenhum osso, 16 úmeros e 9 fêmures puderam ter o sexo estimado pela análise discriminante (Anexo 1).

O estudo das propriedades geométricas dos ossos analisa a quantidade e distribuição do tecido ósseo em uma secção transversal. Para a mensuração de rigidez, as propriedades analisadas incluem o parâmetro “*areas*” e “*second moments of area*” (SMA). Em “*areas*” está inclusa a área subperiosteal total (TA), área medular ou endosteal (MA) e a área cortical (CA). Ao medirmos as larguras mediolateral (ml) e anteroposterior (ap) das diáfises dos ossos longos, usa-se a fórmula do cilindro para calcular as áreas (Ruff 2008; Larsen, 2015). As propriedades referentes aos “*second moments of area*” são  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $J$ ,  $I_{max}$  e  $I_{min}$  e cada uma está associada a uma força exercida sobre o tecido ósseo - por exemplo, valores de  $J$  representam a rigidez do tecido durante a força de torção.

Como a tensão máxima sob flexão ou torção ocorre na superfície mais externa de uma secção transversal, as propriedades relacionadas à resistência são calculadas dividindo as SMAs pela distância que esta superfície apresenta do eixo apropriado. Isso resulta em propriedades chamadas de “*section moduli*”, representadas pela letra  $Z$ .

Além das variáveis já citadas, as relações  $Z_x/Z_y$  e  $I_x/I_y$  são representações mecânicas da forma da secção transversal do osso. Valores iguais ou próximos de 1 representam um formato mais oval da secção, enquanto valores muito maiores ou menores que 1 indicam formatos mais circulares. Um padrão mais oval indica que a tensão foi exercida em uma única direção, por um tempo prolongado, característica associada aos grupos mais ativos fisicamente. Por outro lado, um formato circular de diáfise é relacionado a grupos mais sedentários (Ruff 2008, 2018).

**Tabela 6:** Propriedades geométricas analisadas no presente estudo e seus significados. AP: anteroposterior; ML: médio-lateral.

<b>Propriedade Óssea</b>	<b>Variável</b>	<b>Interpretação</b>
<b>Rigidez</b>	Ix	Flexão AP
	Iy	Flexão ML
	Imax	Máximo de rigidez
	Imin	Mínimo de rigidez
	J	Torsão
<b>Resistência</b>	Zx	Flexão AP
	Zy	Flexão ML
	Zp	Torsão e média de resistência

O uso da tomografia computadorizada (TC) possibilita a manutenção da integridade física dos ossos e, ao mesmo tempo, garante a visualização da distribuição do tecido ósseo interno, para que sejam analisadas as propriedades relacionadas à adaptação tecidual ao estímulo mecânico externo. Dessa forma, os ossos foram escaneados utilizando dois tomógrafos computadorizados. Em São Paulo, para análise das amostras de Lapa do Santo e Lapa das Boleiras, foi utilizada a Plataforma de Imagem da Sala de Autópsia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, utilizando-se de um equipamento Siemens Somatom Emotion 16-slice no ano de 2016. A configuração do aparelho para a obtenção das imagens foi de um feixe de Rx de 130 kV e 75 mAs, tempo de rotação do tubo de 0.6 s, aquisição elicoidal de 1.0 pitch, arranjo de detectores de 16 x 0.6mm, kernel de U90s (very sharp) e 0.75 mm de espessura de corte com FoV de Reconstrução 50 mm.

Já em Belo Horizonte, a análise das amostras de Santana do Riacho e Harold Walter foi realizada a partir da utilização do equipamento *Somaton Definition AS 128* canais (multislice) da clínica Hermes Pardini em 2016. A configuração das imagens foi de um feixe de Rx de 140 kV e 75 mAs, tempo de rotação do tubo de 0.5 s, aquisição elicoidal de 1.0 pitch, arranjo de detectores de 128 x 0.6mm, kernel com filtro B80 f ultra sharp (óssea) e aquisição do exame de 0,6 mm de espessura e 0,3 mm de espaçamento. O ponto adotado para a secção do fêmur foi de 50% de seu comprimento e no úmero foi de 35% em relação à epífise distal, seguindo o que foi apresentado no estudo de Ruff e Hayes (1983). No que diz respeito ao fêmur, é importante que

a linha áspera esteja localizada posteriormente no momento do escaneamento, para que não ocorra erro de leitura das variáveis  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $Z_y$  e  $Z_x$  (Ruff e Hayes, 1983; Trinkaus e Ruff, 1999; Ruff, 2022).

Para calcular o ponto exato do corte da secção transversal foi necessário conhecer o comprimento total dos ossos. Para os ossos fragmentados, o processo de estimar essa medida foi realizado por Caio Barbosa, pesquisador da USP. Para isso foi preciso identificar anatomicamente o ponto de quebra. Depois disso, usa-se um osso longo completo da mesma coleção Lagoa Santa (osso modelo) para identificar o mesmo ponto anatômico. Foram utilizados como ossos modelos dois fêmures medindo 425 mm (esquerdo; Lapa do Santo Sepultamento 1) e 410 mm (direito; Lapa do Santo Sepultamento 2) e dois úmeros medindo 302 mm (esquerdo; Lapa do Santo Sepultamento 1) e 285 mm (direito; Lapa do Santo Sepultamento 21). Devido a alterações em alguns pontos anatômicos de ossos do lado esquerdo ou direito que pudessem prejudicar a análise, o lado correspondente foi usado para identificação e mensuração. Depois de observar o local de quebra do osso a ser estimado, buscou-se o mesmo ponto no osso modelo. Em seguida, calculou-se a porcentagem do segmento que corresponderia ao osso faltante no osso quebrado em relação ao comprimento total do osso modelo (porcentagem do osso faltante; %OF). Ao achar essa porcentagem, aplica-se a seguinte fórmula para obter o comprimento total do osso a ser estimado:

$$X = CP + (\%OF * X)$$

Sendo  $X$  o comprimento total do osso a ser estimado,  $CP$  é o comprimento do osso presente (ou seja, o comprimento do osso quebrado). Essa estimativa foi utilizada para encontrar o ponto preciso da secção transversal do osso longo (Anexo 1).

As imagens obtidas após as tomografias foram armazenadas em formato PNG e passaram por análise no programa ImageJ (National Institute of Health). Para dar início às análises são necessárias as medidas médio laterais (ML) e anteroposteriores (AP) externas da secção geométrica, pois tais medidas são importantes para estabelecer as escalas que serão aplicadas. Nos poucos casos que não houve a possibilidade de medir o osso diretamente, o programa Slicer 3D foi utilizado para que a medida fosse registrada a partir das tomografias. Além disso, a Profa. Mercedes Okumura realizou a medição das amostras que estão localizadas na Universidade de São Paulo (Anexo 1). Após a determinação da escala, cada imagem passou por uma conversão para o tipo 8-bit, seguida de um ajuste de densidade na opção “*Threshold*” para o valor de 128,

que corresponde ao valor médio entre o máximo e o mínimo disponível. O plugin *MomentMacroJ* foi adicionado ao ImageJ por conter os parâmetros necessários para realização dos cálculos de TA, CA, Ix, Iy, I<sub>max</sub>, I<sub>min</sub>, Z<sub>x</sub>, Z<sub>y</sub>, Z<sub>p</sub> e J (as seis primeiras sendo analisadas em cm<sup>2</sup>, e as quatro últimas em cm<sup>4</sup>) – variáveis relacionadas às propriedades geométricas dos ossos. Os resultados foram planilhados no programa Microsoft Excel 2019.

Os resultados obtidos para a coleção de Lagoa Santa ainda passaram por uma correção por massa corporal baseada no que foi descrito por Ruff e Wood (2023). A massa corporal contribui para a carga mecânica dos ossos, sendo assim, pode-se afirmar que a força sobre a diáfise de ossos longos e o tamanho corporal estão relacionados (Ruff, 2003). Dessa forma, é importante controlar os efeitos da massa corporal ao realizar análises usando parâmetros transversais (Ruff, 2017). No presente estudo, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

**Tabela 7:** Fórmulas utilizadas para calcular massa corporal nas amostras de Lagoa Santa. BM: body mass (massa corporal); FHSI: femoral head superoinferior breadth (Largura vertical da cabeça do fêmur); HHSI: humeral head superoinferior breadth (Largura vertical da cabeça do úmero).

Variável	Fórmula
Largura vertical da cabeça do fêmur	$BM = 2.262(\text{FHSI}) - 38.7$
Largura vertical da cabeça do úmero	$BM = 2.067(\text{HHSI}) - 28.5$

Após obter os valores de massa corporal, esses valores são aplicados nas seguintes fórmulas:

**Tabela 8:** Fórmulas para correção dos valores de propriedades geométricas por massa corporal. BM= Body Mass (Massa corporal, em kg); BL= Bone length (Comprimento ósseo fisiológico, em mm).

Para as propriedades TA e CA	$\frac{\text{Propriedade}}{BM} * 10^2$
Para as propriedades Ix, Iy e J	$\frac{\text{Propriedade}}{BM * (BL^2)} * 10^5$
Para as propriedades Zx, Zy e Zp	$\frac{\text{Propriedade}}{BM * BL} * 10^4$

Caso a mensuração da epífise não fosse possível, a correção foi baseada no comprimento ósseo, sendo que as áreas foram divididas por comprimento<sup>3</sup> e as SMA divididas por comprimento<sup>5.33</sup> (Cameron e Pfeiffer, 2014; Ruff, 2018).

Uma das análises realizadas foi a assimetria dos úmeros de Lagoa Santa. É importante ressaltar que, para análise de assimetria entre úmeros, é possível utilizar os valores brutos e não padronizados por peso, para que seja levado em consideração o peso corporal e sua influência na diáfise óssea (Sládek, 2017). No presente estudo, a assimetria foi calculada com valores padronizados, para reduzir a influência da massa corporal sobre os resultados, e permitir a comparação entre populações com massas corpóreas distintas. Foi calculada a porcentagem de assimetria direcional (%DirA), a qual representa a direção para qual a assimetria está inclinada, por meio das fórmulas abaixo:

$$\%DirA = [(Direito - Esquerdo) / ((Direito + Esquerdo) / 2)] * 100$$

Valores iguais a 0 indicariam uma simetria bilateral, enquanto variações indicam a magnitude da assimetria. Quanto à direção da assimetria, valores positivos indicam uma assimetria direcionada à direita, enquanto valores negativos indicam assimetria direcionada à esquerda (Sládek, 2017). Foram realizadas duas análises da assimetria para o grupo Lagoa Santa: para a amostra como um todo (considerando todos os 44 úmeros disponíveis, independente da coleção), e para as amostras em que foi possível confirmar que ambos os úmeros pertenciam ao mesmo indivíduo. No caso dessa segunda análise, as amostras de Harold Walter não foram incluídas por não ser possível identificar se os úmeros pertenciam ao mesmo indivíduo.

Os resultados obtidos para Lagoa Santa, após a realização dos cálculos, foram analisados por meio de estatística descritiva, tais como média e mediana. No que se refere a testes de hipóteses estatísticas, considerando que o teste Kolmogorov-Sminorv demonstrou que as amostras não possuíam distribuição normal, foi utilizado o teste de Mann-Whitney para inferência de significância, adotando valor de  $\alpha = 0,05$ .

No que diz respeito às amostras do grupo comparativo, no caso do grupo europeu, foi realizada a média dos valores referentes ao úmero e esse resultado foi utilizado na comparação com a amostra de Lagoa Santa. Com a possibilidade de acessar os valores brutos das amostras europeias (Ruff, 2017) e da Indonésia (Ruff, 2022), optou-se por realizar a correção por peso

seguindo o método estabelecido para a amostra de Lagoa Santa. A correção por massa corpórea realizada nas amostras do grupo comparativo está resumida na tabela a seguir.

**Tabela 9:** Métodos utilizados para corrigir os dados da amostra comparativa por massa corpórea. TA e CA: áreas; SMA: “second moments of area”.

<b>Referência</b>	<b>Grupo</b>	<b>Método</b>
<b>Cameron e Pfeiffer, 2014</b>	África do Sul	<b>Úmero:</b> TA ou CA/comprimento <sup>3</sup> X 10 <sup>8</sup> e SMA/comprimento <sup>5,33</sup> X 10 <sup>12</sup> . <b>Fêmur:</b> TA ou CA/ massa corporal kg X 10 <sup>2</sup> e SMA/ (comprimento em mm x massa corporal em kg) X 10 <sup>2</sup>
<b>Larsen, Ruff, Kelly, 1995</b>	Great Basin	TA ou CA/comprimento <sup>2</sup> e SMA/comprimento <sup>4</sup>
<b>Ruff, 2017</b>	Europa	Checar Tabela 8
<b>Ruff, 2022</b>	Trinil	Checar Tabela 8
<b>Ruff,Larsen,Hayes 1984</b>	Georgia Coast	TA ou CA/comprimento <sup>2</sup> ou SMA/comprimento <sup>4</sup>

O teste estatístico Mann-Whitney também foi utilizado para comparar os resultados de Lagoa Santa com os valores dos grupos que compõem a amostra comparativa (Ruff, 2022; Morettin e Bussab, 2023).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Lagoa Santa

Os resultados apresentados para Lagoa Santa são compostos por todos os 52 fêmures e 44 úmeros, para apresentar ao leitor um panorama geral da população. Os valores obtidos na análise de propriedades geométricas da coleção Lagoa Santa estão resumidos nas tabelas a seguir.

A **Tabela 10** apresenta os valores obtidos para úmero e fêmur dos indivíduos do sexo feminino, masculino e o grupo de indivíduos que não foi possível realizar a identificação. A análise estatística demonstra que os indivíduos do sexo masculino comparados com os indivíduos femininos apresentaram os maiores valores em todas as variáveis de propriedades do fêmur e do úmero, e, utilizando o teste estatístico Mann-Whitney, com resultados significativamente diferentes para os valores de  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $Z_x$ ,  $Z_y$ ,  $J$  e  $Z_p$ .

**Tabela 10:** Propriedades geométricas do úmero e fêmur de Lagoa Santa divididas por sexo. M: Masculino, F: Feminino, NI: Não Identificado. \*:  $\leq 0,05$ ; \*\*:  $\leq 0,01$ .

	Sexo	N	TA	CA	Ix	Iy	Ix/Iy	I <sub>max</sub>
<b>Fêmur</b>	F	9	627.46	492.03	108.74	89.97	1.21	111.82
	M	18	855.03**	697.49**	205.76**	179.08**	1.15	220.91
	NI	25	796.70	640.98	184.76	161.13	1.15	195.66
<b>Total</b>		<b>52</b>	<b>759.73</b>	<b>610.17</b>	<b>166.42</b>	<b>143.39</b>	<b>1.17</b>	<b>176.13</b>
<b>Úmero</b>	F	17	405.75	305.51	115.86	89.88	1.35	110.53
	M	17	433.41**	350.83	109.83	99.70*	1.12	115.27
	NI	10	391.66	289.62	107.17	76.96	1.43	98.67
<b>Total</b>		<b>44</b>	<b>410.27</b>	<b>315.32</b>	<b>110.95</b>	<b>88.85</b>	<b>1.30</b>	<b>108.16</b>
	Sexo	N	I <sub>min</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub> /Z <sub>y</sub>	J	Z <sub>p</sub>
<b>Fêmur</b>	F	9	86.88	357.00	345.20	1.03	198.71	658.52
	M	18	163.93	603.58**	576.50**	1.05	384.84**	1078.90**
	NI	25	150.23	533.18	517.96	1.03	345.89	982.51
<b>Total</b>		<b>52</b>	<b>133.68</b>	<b>497.92</b>	<b>479.89</b>	<b>1.04</b>	<b>309.81</b>	<b>906.65</b>
<b>Úmero</b>	F	17	81.75	292.79	268.59	1.09	192.28	524.36
	M	17	81.10	298.12	297.76*	1.01	196.37*	551.38*
	NI	10	71.46	269.32	239.62	1.14	170.13	476.40
<b>Total</b>		<b>44</b>	<b>78.10</b>	<b>286.74</b>	<b>268.66</b>	<b>1.08</b>	<b>186.26</b>	<b>517.38</b>

As Tabela 11 e Tabela 12 apresentam as propriedades geométricas femorais e umerais, respectivamente, de acordo com o sexo e a coleção. Entre os indivíduos do sexo feminino, aqueles que integram a coleção Harold Walter apresentaram os maiores valores em todas as propriedades femorais. Já entre os indivíduos do sexo masculino, a coleção de Lapa do Santo apresentou os maiores valores de TA, CA, Z<sub>y</sub> e Z<sub>p</sub> – para as outras propriedades, não houve diferença significativa.

**Tabela 11:** Comparação das propriedades geométricas femorais entre as 3 coleções que compõem a amostra de Lagoa Santa. HW: Harold Walter; L. Santo: Lapa do Santo; SR: Santana do Riacho.

Sexo	Coleção	N	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	J	Zp
F	HW	3	<b>726.66</b>	<b>617.16</b>	<b>153.57</b>	<b>110.61</b>	<b>158.44</b>	<b>105.73</b>	<b>458.38</b>	<b>412.02</b>	<b>264.17</b>	<b>794.87</b>
	L.Santo	4	579.02	433.06	87.05	77.73	88.33	76.46	305.31	304.00	164.79	582.08
	SR	2	575.54	422.30	84.87	83.48	88.88	79.46	308.32	327.38	168.35	606.88
M	HW	6	838.42	680.99	210.35	184.41	221.00	173.76	613.53	574.85	<b>394.75</b>	1096.21
	L.Santo	10	<b>882.26</b>	<b>734.53</b>	203.75	184.75	222.86	165.64	612.34	<b>603.28</b>	388.50	<b>1107.73</b>
	SR	2	768.75	561.84	202.07	134.72	210.87	125.92	529.90	447.53	336.79	882.86
NI	HW	23	<b>795.03</b>	<b>648.87</b>	<b>187.38</b>	<b>165.37</b>	<b>199.12</b>	<b>153.63</b>	<b>538.47</b>	<b>526.42</b>	<b>352.75</b>	<b>996.63</b>
	SR	2	815.84	550.25	154.61	112.42	155.93	111.10	472.31	420.74	267.03	820.14

No que diz respeito aos valores de propriedades umerais dos indivíduos do sexo feminino, a coleção Harold Walter obteve os maiores valores em todas as propriedades geométricas. Os resultados encontrados para os indivíduos do sexo masculino de Lapa do Santo foram maiores para as propriedades CA, Iy, Imax, Zx, Zy, Zp e J.

**Tabela 12:** Comparação das propriedades geométricas umerais entre as 3 coleções que compõem a amostra de Lagoa Santa. HW: Harold Walter; L.Santo: Lapa do Santo; SR: Santana do Riacho.

Sexo	Coleção	N	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	J	Zp
F	HW	13	<b>442.04</b>	<b>330.94</b>	<b>127.19</b>	<b>100.89</b>	<b>123.20</b>	<b>93.46</b>	<b>325.64</b>	<b>297.41</b>	<b>216.66</b>	<b>582.23</b>
	Lapa	2	283.37	217.90	64.66	57.53	61.56	44.87	168.95	184.61	106.43	334.26
	SR	2	292.20	227.90	93.44	50.65	77.17	42.48	203.15	165.25	119.65	338.26
M	HW	4	412.77	343.08	100.53	87.68	105.24	71.27	288.58	274.12	176.51	511.24
	Lapa	10	430.34	<b>358.43</b>	112.68	<b>104.26</b>	<b>119.84</b>	83.61	<b>304.24</b>	<b>306.18</b>	<b>203.45</b>	<b>566.84</b>
	SR	2	<b>491.57</b>	324.49	112.74	98.67	110.27	<b>86.93</b>	283.55	298.73	197.20	546.62
NI	HW	10	391.66	289.62	107.17	76.96	98.67	71.46	269.32	239.62	170.13	476.40

A Tabela 13 apresenta as porcentagens de assimetria máxima (%MaxA) e assimetria direcional (%DirA) do úmero dos indivíduos de Lagoa Santa, de modo geral. Quando aplicada a fórmula para assimetria direcional, foram gerados os mesmos valores positivos, o que indica que o grupo Lagoa Santa apresenta uma assimetria direcionada à direita.

**Tabela 13:** Porcentagens de assimetria máxima e assimetria direcional entre os úmeros direito e esquerdo, no grupo de Lagoa Santa.

Lado	N	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	J	Zp
E	22	385.03	304.78	94.46	82.86	95.64	70.09	257.60	252.21	165.73	478.11
D	22	441.43	334.04	128.65	98.61	123.69	88.23	321.43	294.35	211.92	569.69
%DirA	-	<b>13.65</b>	<b>9.16</b>	<b>30.64</b>	<b>17.36</b>	<b>25.58</b>	<b>22.91</b>	<b>22.05</b>	<b>15.42</b>	<b>24.46</b>	<b>17.48</b>

Na Tabela 14, a qual apresenta a comparação da assimetria umeral entre os indivíduos do sexo masculino e feminino, mostrando a assimetria umeral à direita. Outro resultado observado é a maior porcentagem de assimetria nos indivíduos do sexo feminino. É importante ressaltar que os resultados apresentados nesta tabela consideram todos os indivíduos da amostra Lagoa Santa, sem divisão por coleção. Porém, o grupo de indivíduos com o sexo não identificado, os quais são parte da coleção Harold Walter, obtiveram valores negativos para a assimetria direcional, o que configura um uso mais acentuado do úmero esquerdo.

**Tabela 14:** Valores correspondentes à assimetria do úmero, no grupo Lagoa Santa, de acordo com o sexo. A análise foi feita a partir das propriedades geométricas padronizadas por peso.

Sexo	Lado	N	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	J	Zp
F	E	7	347.55	249.15	80.70	64.54	78.80	56.71	223.45	202.58	135.51	400.37
	D	10	425.78	358.28	109.06	104.52	114.74	85.63	293.57	307.15	200.37	563.89
	<b>%DirA</b>		<b>20.23</b>	<b>35.93</b>	<b>29.89</b>	<b>47.29</b>	<b>37.15</b>	<b>40.63</b>	<b>27.13</b>	<b>41.03</b>	<b>38.62</b>	<b>33.92</b>
M	E	9	384.58	302.63	107.82	80.77	101.58	70.05	270.23	247.86	171.63	481.33
	D	8	466.22	362.17	139.62	110.38	133.40	104.88	354.75	327.68	238.28	637.61
	<b>%DirA</b>		<b>19.19</b>	<b>17.91</b>	<b>25.70</b>	<b>30.98</b>	<b>27.09</b>	<b>39.82</b>	<b>27.05</b>	<b>27.74</b>	<b>32.52</b>	<b>27.93</b>
NI	E	6	486.60	352.97	132.69	110.01	134.41	92.00	336.88	314.46	226.41	597.70
	D	4	373.86	247.08	92.37	56.37	84.61	52.07	236.86	198.94	136.68	397.72
	<b>%DirA</b>		<b>-26.21</b>	<b>-35.29</b>	<b>-35.83</b>	<b>-64.48</b>	<b>-45.48</b>	<b>-55.42</b>	<b>-34.86</b>	<b>-45.00</b>	<b>-49.42</b>	<b>-40.18</b>

A Tabela 15 apresenta os valores de assimetria dos indivíduos que possuíam ambos os úmeros disponíveis para análise. As amostras de Harold Walter não foram incluídas por não ser possível identificar se os úmeros pertenciam ao mesmo indivíduo. No sepultamento V, de Lapa do Santo, é possível observar a dominância do úmero esquerdo, representada pelos valores negativos de %DirA.

O indivíduo do sexo feminino original da coleção Santana do Riacho apresentou uma porcentagem de assimetria menor do que os outros listados na tabela, contudo, é importante

destacar que existe a possibilidade de ser uma característica exclusiva, ou seja, não compartilhada com outros indivíduos de Santana do Riacho.

**Tabela 15:** Assimetria direcional (%DirA) do úmero nos indivíduos de Lagoa Santa. Estão apresentados apenas os indivíduos com úmero esquerdo e direito correspondente.

Indivíduo	Coleção	Sexo	Lado	TA	CA	Ix	Iy	I <sub>max</sub>	I <sub>min</sub>	Zx	Zy	J	Zp
Sep I	Lapa do Santo	M	E	397.96	334.94	90.77	98.03	99.31	76.04	258.06	308.66	175.36	520.52
			D	479.40	413.21	131.57	121.27	132.67	107.96	372.46	352.36	240.63	678.43
<b>%DirA</b>				18.56	20.92	36.70	21.19	28.75	34.70	36.29	13.22	31.38	26.34
Sep V	Lapa do Santo	F	E	300.55	223.65	58.32	61.04	64.33	47.29	177.21	196.07	111.62	351.30
			D	266.19	212.14	71.01	54.03	58.79	42.45	160.69	173.15	101.24	317.23
<b>%DirA</b>				-12.12	-5.28	19.63	-12.19	-8.99	-10.78	-9.78	-12.42	-9.75	-10.19
Sep XI	Lapa do Santo	M	E	404.73	338.09	103.36	84.45	107.44	68.98	280.67	259.87	176.43	511.21
			D	466.72	379.78	128.30	86.56	116.21	80.00	317.00	292.77	196.22	566.17
<b>%DirA</b>				14.23	11.62	21.53	2.46	7.84	14.79	12.16	11.91	10.62	10.20
Sep XV	Lapa do Santo	M	E	415.71	349.70	84.59	102.23	102.94	75.68	256.42	313.64	178.62	536.23
			D	471.62	375.07	130.04	123.35	142.02	97.97	352.12	339.73	239.99	641.79
<b>%DirA</b>				12.60	7.00	42.35	18.72	31.91	25.68	31.45	7.99	29.32	17.92
Sep XXI	Lapa do Santo	M	E	428.21	343.57	113.07	124.62	130.66	92.09	298.18	339.41	222.75	595.89
			D	481.09	357.78	138.65	141.51	159.59	106.75	358.36	356.46	266.34	654.81

	<b>%DirA</b>		11.63	4.05	20.32	12.69	19.94	14.74	18.33	4.90	17.83	9.42	
Sep XXII	Lapa do Santo	M	E	361.99	336.17	76.26	80.95	87.21	59.89	237.57	250.85	147.10	455.28
			D	420.83	359.50	100.00	91.71	108.22	70.22	285.90	272.80	178.45	510.64
	<b>%DirA</b>		15.03	6.71	26.93	12.47	21.51	15.88	18.46	8.38	19.26	11.46	
Sep SRIVA	Santana do Riacho	F	E	280.03	220.80	84.21	47.20	73.24	40.66	198.53	154.13	113.90	329.46
			D	304.38	234.99	102.66	54.11	81.10	44.30	207.77	176.37	125.40	347.06
	<b>%DirA</b>		8.33	6.23	19.75	13.65	10.19	8.57	4.54	13.46	9.62	5.20	

As informações apresentadas a seguir (Tabela 16) representam a assimetria máxima dos úmeros dos indivíduos apresentados na Tabela 15, categorizados por sexo. A assimetria no grupo do sexo feminino é menor do que a obtida para o grupo do sexo masculino, contrariando o resultado apresentado anteriormente. Existe a possibilidade de que a diferença na quantidade de indivíduos do sexo feminino (1 indivíduo de Santana do Riacho e 1 de Lapa do Santo), nesta análise, seja uma das explicações para a discrepância. Mas é importante citar que a ausência de amostras de Harold Walter faz dos resultados da tabela 16 mais confiáveis.

**Tabela 16:** Assimetria máxima geral, dos indivíduos com ambos os úmeros disponíveis - organizado por sexo. F: Feminino; M: masculino.

Sexo	N	Lado	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	J	Zp
	2	E	290.29	222.23	71.26	54.12	68.78	43.98	187.87	175.10	112.76	340.38
F	2	D	285.29	223.57	86.84	54.07	69.95	43.38	184.23	174.76	113.32	332.14
		<b>%MaxA</b>	<b>1.74</b>	<b>0.60</b>	<b>19.70</b>	<b>0.09</b>	<b>1.68</b>	<b>1.37</b>	<b>1.96</b>	<b>0.19</b>	<b>0.50</b>	<b>2.45</b>

	5	E	401.72	340.49	93.61	98.06	105.51	74.54	266.18	294.49	180.05	523.83
<b>M</b>	5	D	463.93	377.07	125.71	112.88	131.74	92.58	337.17	322.82	224.32	610.37
		<b>%MaxA</b>	<b>14.37</b>	<b>10.19</b>	<b>29.27</b>	<b>14.05</b>	<b>22.11</b>	<b>21.59</b>	<b>23.53</b>	<b>9.18</b>	<b>21.90</b>	<b>15.26</b>

## 5.2 Análise Comparativa

É de suma importância ressaltar que, para a comparação com os grupos caçadores-coletores e agricultores, foi utilizada a amostra de Lagoa Santa que corresponde aos critérios apresentados anteriormente, resultando em 27 indivíduos para fêmures e 23 indivíduos para úmeros. Os resultados obtidos são apresentados de forma resumida em gráficos de coluna e cada variável demonstrada por meio de gráficos de box-plot.

Nas tabelas 17 e 18 estão apresentadas as propriedades geométricas dos fêmures e úmeros, respectivamente, dos grupos incluídos na amostra comparativa. Nota-se que alguns grupos, como Georgia Coast e os 3 subgrupos da África do Sul, não apresentam valores para Ix, Iy, Zx, Zy, Zp e para os índices Ix/Iy e Zx/Zy.

**Tabela 17:** Valores das propriedades geométricas femorais da amostra comparativa. PC: Pescadores-Coletores; CC: Caçadores-Coletores; AG: Agricultores; M: Masculino; F: Feminino.

<u>Grupo</u>	<u>Subsistência</u>	<u>Ossos</u>	<u>Sexo</u>	<u>N</u>	<u>IX</u>	<u>IY</u>	<u>IX/IY</u>	<u>ZX</u>	<u>ZY</u>	<u>ZX/ZY</u>
<b>Ertebolle</b>	CC	Fêmur	M/F	10	265.16	258.72	1.02	680.22	707.57	0.96
<b>Centro N. Europa</b>	CC	Fêmur	M/F	4	273.53	219.93	1.24	670.76	612.25	1.10
<b>França</b>	CC	Fêmur	M/F	9	268.07	212.17	1.26	668.26	633.76	1.05
<b>Itália</b>	CC	Fêmur	M/F	6	273.46	205.82	1.33	668.58	587.49	1.14
<b>Iberia</b>	CC	Fêmur	M/F	3	254.82	192.21	1.33	635.55	573.21	1.11
<b>Balcãs</b>	CC	Fêmur	M/F	13	262.68	241.02	1.09	664.37	673.10	0.99
<b>Trinil</b>	CC	Fêmur	M/F	1	172.25	107.39	1.60	497.80	392.18	1.27
<b>Georgia Coast</b>	CC	Fêmur	M	8	-	-	-	-	-	-
	CC	Fêmur	F	12	-	-	-	-	-	-
	CC	Fêmur	M	18	-	-	-	-	-	-

<b>AS-Fynbos</b>	CC	Fêmur	F	9	-	-	-	-	-	-
<b>AS-Forest</b>	CC	Fêmur	M	12	-	-	-	-	-	-
	CC	Fêmur	F	8	-	-	-	-	-	-
<b>AS-Inland</b>	CC	Fêmur	M	3	-	-	-	-	-	-
	CC	Fêmur	F	12	-	-	-	-	-	-
<b>Great Basin</b>	CC	Fêmur	M	12	84.80	70.10	1.21	-	-	-
	CC	Fêmur	F	12	65.30	66.70	0.98	-	-	-
<b>Escand./Finlândia</b>	AG	Fêmur	M/F	64	241.61	246.54	0.98	637.65	691.36	0.92
<b>Centro N. Europa</b>	AG	Fêmur	M/F	49	200.83	209.05	0.96	564.86	605.94	0.93
<b>França</b>	AG	Fêmur	M/F	17	200.28	207.35	0.97	539.02	591.40	0.91
<b>Itália</b>	AG	Fêmur	M/F	34	166.41	172.11	0.97	480.46	515.10	0.93
<b>Iberia</b>	AG	Fêmur	M/F	18	236.33	239.02	0.99	627.56	673.68	0.93
<b>Georgia Coast</b>	AG	Fêmur	M	11	-	-	-	-	-	-
	AG	Fêmur	F	9	-	-	-	-	-	-
<b>Grupo</b>	<b>Subsistência</b>	<b>Ossos</b>	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>TA</b>	<b>CA</b>	<b>IMAX</b>	<b>IMIN</b>	<b>J</b>	<b>ZP</b>
<b>Ertebolle</b>	PC	Fêmur	M/F	10	907.68	733.52	289.82	234.06	523.88	1301.15
<b>Centro N. Europa</b>	CC	Fêmur	M/F	4	881.55	730.79	297.70	195.76	493.45	1196.44
<b>França</b>	CC	Fêmur	M/F	9	928.04	713.18	274.44	204.60	479.05	1211.42
<b>Itália</b>	CC	Fêmur	M/F	6	884.38	690.66	203.97	136.22	479.16	1168.70
<b>Iberia</b>	CC	Fêmur	M/F	3	906.51	756.33	286.22	160.81	447.03	1067.40
<b>Balcãs</b>	CC	Fêmur	M/F	13	913.82	717.42	279.56	214.05	503.62	1235.53
<b>Trinil</b>	CC	Fêmur	M/F	1	761.73	536.10	173.54	106.10	279.64	809.89
<b>Georgia Coast</b>	CC	Fêmur	M	8	315.80	283.60	88.60	65.50	154.10	-
	CC	Fêmur	F	12	283.50	186.40	63.40	51.90	115.40	-
<b>AS-Fynbos</b>	CC	Fêmur	M	18	928.70	-	-	-	176.00	-
	CC	Fêmur	F	9	872.80	-	-	-	147.90	-
<b>AS-Forest</b>	CC	Fêmur	M	12	922.90	-	-	-	181.00	-
	CC	Fêmur	F	8	920.70	-	-	-	163.80	-
<b>AS-Inland</b>	CC	Fêmur	M	3	947.70	-	-	-	167.50	-
	CC	Fêmur	F	12	887.10	-	-	-	139.50	-
<b>Great Basin</b>	CC	Fêmur	M	12	326.90	216.50	87.50	67.40	154.90	-
	CC	Fêmur	F	12	308.00	195.80	71.60	60.40	132.00	-

<b>Escand./ Finlândia</b>	AG	Fêmur	M/F	64	901.52	710.30	269.65	218.51	488.15	1239.40
<b>Centro N. Europa</b>	AG	Fêmur	M/F	49	835.97	634.76	229.13	180.75	409.89	1103.34
<b>França</b>	AG	Fêmur	M/F	17	874.78	592.85	228.21	179.42	407.64	1011.08
<b>Itália</b>	AG	Fêmur	M/F	34	757.60	583.41	192.54	145.97	338.52	912.78
<b>Iberia</b>	AG	Fêmur	M/F	18	940.96	713.82	267.13	208.21	475.35	1216.43
<b>Georgia Coast</b>	AG	Fêmur	M	11	296.42	234.26	78.31	60.96	139.28	-
	AG	Fêmur	F	9	257.42	186.48	55.12	45.48	100.60	-

**Tabela 18:** Valores das propriedades geométricas umerais da amostra comparativa. CC: Caçadores- Coletores; PC: Pescadores- Coletores; AG: Agricultores.

<u>Grupo</u>	<u>Subsistência</u>	<u>Ossos</u>	<u>Sexo</u>	<u>N</u>	<u>IX</u>	<u>IY</u>	<u>IX/IY</u>	<u>ZX</u>	<u>ZY</u>	<u>ZX/ZY</u>
<b>Ertebolle</b>	CC	Úmero	M/F	11	124.42	134.31	0.93	352.10	361.04	0.98
<b>Centro N. Europa</b>	CC	Úmero	M/F	3	105.92	97.78	1.08	308.60	290.77	1.06
<b>França</b>	CC	Úmero	M/F	10	121.87	116.99	1.04	338.94	323.92	1.05
<b>Itália</b>	CC	Úmero	M/F	9	113.15	94.03	1.20	319.97	278.44	1.15
<b>Iberia</b>	CC	Úmero	M/F	3	85.88	74.27	1.16	270.22	244.82	1.10
<b>Balcãs</b>	CC	Úmero	M/F	12	88.14	113.32	0.78	271.33	294.45	0.92
<b>Great Basin</b>	CC	Úmero	M	11	64.40	59.30	1.09	-	-	-
<b>Great Basin</b>	CC	Úmero	F	9	49.10	44.60	1.10	-	-	-
<b>Escand./F inlândia</b>	AG	Úmero	M/F	81	117.99	117.42	1.00	342.79	334.58	1.02
<b>Centro N. Europa</b>	AG	Úmero	M/F	50	101.45	98.20	1.03	311.49	297.28	1.05

<b>França</b>	AG	Úmero	M/F	27	96.56	86.95	1.11	278.54	250.66	1.11
<b>Itália</b>	AG	Úmero	M/F	39	79.27	74.31	1.07	251.83	235.76	1.07
<b>Iberia</b>	AG	Úmero	M/F	26	94.39	84.20	1.12	281.26	258.63	1.09
<b>Grupo</b>	<b>Subsistência</b>	<b>Osso</b>	<b>Sexo</b>	<b>N</b>	<b>TA</b>	<b>CA</b>	<b>IMAX</b>	<b>IMIN</b>	<b>J</b>	<b>ZP</b>
<b>Ertebolle</b>	PC	Úmero	M/F	11	497.82	365.48	147.45	111.29	258.73	666.57
<b>Centro N. Europa</b>	CC	Úmero	M/F	3	435.25	322.06	109.85	92.87	203.70	556.64
<b>França</b>	CC	Úmero	M/F	10	-	352.49	-	-	241.12	628.50
<b>Itália</b>	CC	Úmero	M/F	9	453.89	365.91	115.01	106.20	207.02	555.70
<b>Iberia</b>	CC	Úmero	M/F	3	404.16	326.64	91.61	68.54	160.15	482.24
<b>Balcãs</b>	CC	Úmero	M/F	12	461.69	304.87	120.12	81.35	201.47	511.23
<b>Great Basin</b>	CC	Úmero	M	11	298.20	187.90	69.20	54.50	123.70	-
<b>Great Basin</b>	CC	Úmero	F	9	259.50	161.10	51.30	41.20	92.40	-
<b>Escand./ Finlândia</b>	AG	Úmero	M/F	81	467.04	355.89	131.06	104.34	235.40	628.71
<b>Centro N. Europa</b>	AG	Úmero	M/F	50	445.86	335.89	108.12	91.53	199.65	576.66
<b>França</b>	AG	Úmero	M/F	27	436.11	300.98	105.13	78.38	183.50	484.49
<b>Itália</b>	AG	Úmero	M/F	39	391.94	285.20	86.57	67.00	153.58	457.56
<b>Iberia</b>	AG	Úmero	M/F	26	427.53	296.04	100.93	77.66	178.59	508.80

### 5.3 Resultado das comparações entre as propriedades femorais.

Os valores das propriedades geométricas dos caçadores-coletores, agricultores e indivíduos de Lagoa Santa estão resumidos na Tabela 19 e na Figura 11. O teste Mann-Whitney demonstrou que os resultados obtidos para Lagoa Santa são significativamente menores do que os resultados do grupo CC em 4 das variáveis analisadas –  $I_x$ ,  $Z_x$ ,  $Z_y$  e  $Z_p$ . Quando comparado com o grupo AG, os resultados de Lagoa Santa são significativamente menores apenas para duas variáveis,  $I_y$  e  $Z_y$ .

Entretanto, os valores de TA e CA de Lagoa Santa são maiores do que o valores de AG e CC, sendo que apenas a comparação entre os valores de TA gerou resultados estatisticamente significativos.

Tabela 19: Comparação entre as propriedades geométricas femorais de caçadores-coletores (CC), agricultores (AG) e os indivíduos do grupo Lagoa Santa (LS). \*:  $\leq 0,05$ ; \*\*:  $\leq 0,01$ .

<u>Grupo</u>	<u>Osso</u>	<u>N</u>	<u><math>I_x</math></u>	<u><math>I_y</math></u>	<u><math>Z_x</math></u>	<u><math>Z_y</math></u>	<u>TA</u>	<u>CA</u>	<u><math>I_{max}</math></u>	<u><math>I_{min}</math></u>	<u>J</u>	<u><math>Z_p</math></u>
CC		194	216.96*	182.89	641.35**	609.84*	766.88	538.41	199.75	143.73	291.24	1155.57**
AG	Fêmur	150	203.04	207.35*	560.71	602.27*	689.32	519.55	184.04	143.36	327.40	1076.24
LS		27	<b>179.51</b>	<b>150.55</b>	<b>528.70</b>	<b>505.63</b>	<b>790.99*</b>	<b>637.36</b>	<b>188.67</b>	<b>141.40</b>	<b>330.06</b>	<b>959.81</b>

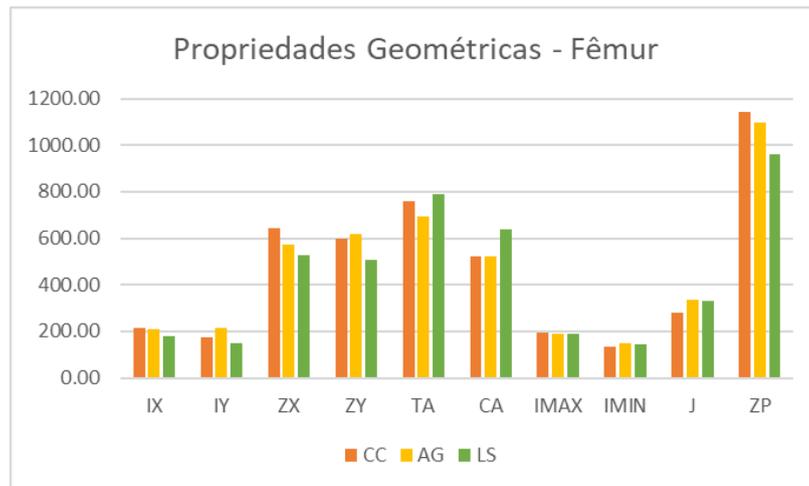


Figura 11: Valores obtidos para os fêmures dos três grupos analisados, para cada uma das variáveis.

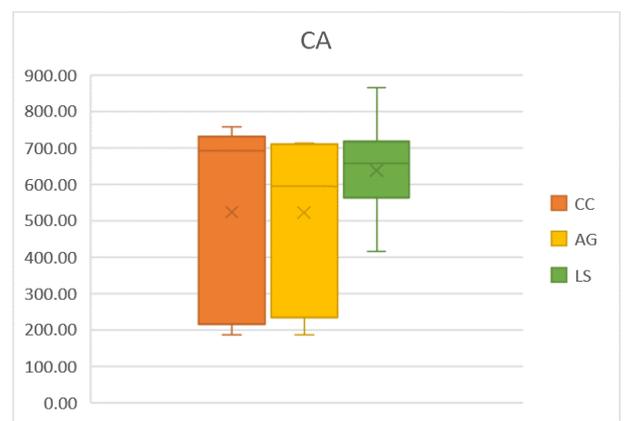
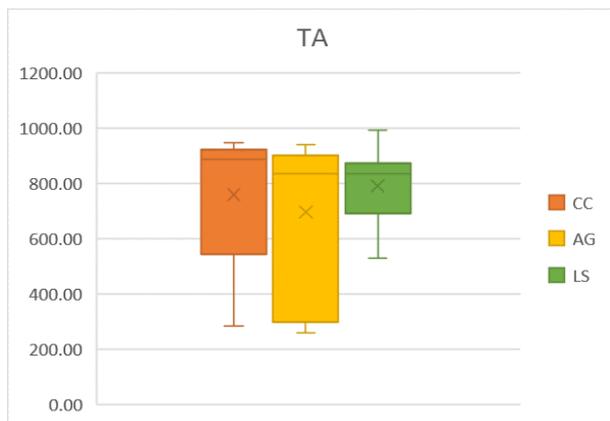
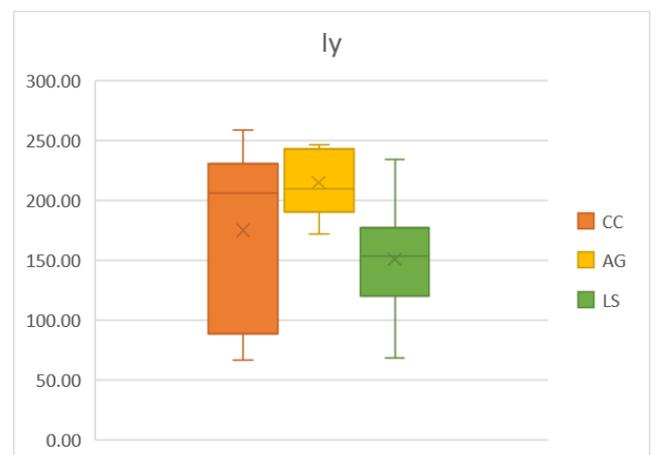
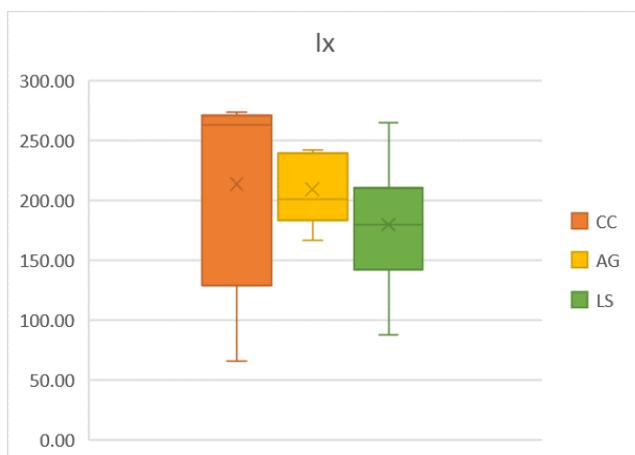


Figura 12: Gráficos de caixa comparando os valores das propriedades TA e CA femorais dos grupos caçadores-coletores, agricultores e o grupo Lagoa Santa.



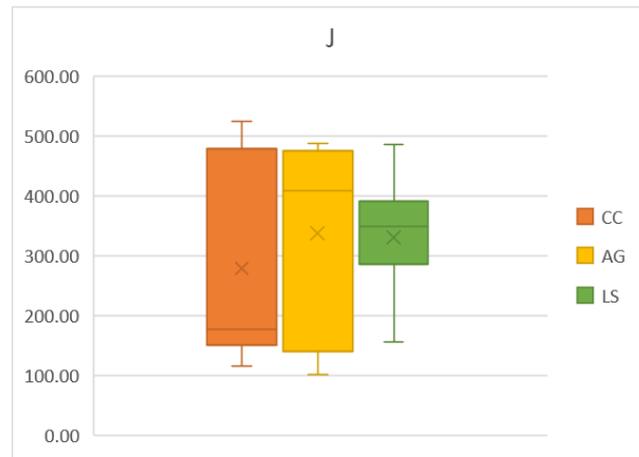


Figura 13: Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os resultados das propriedades  $I_x$ ,  $I_y$  e  $J$  femorais dos três grupos. LS: Lagoa Santa; CC: Caçadores- Coletores; AG: Agricultores

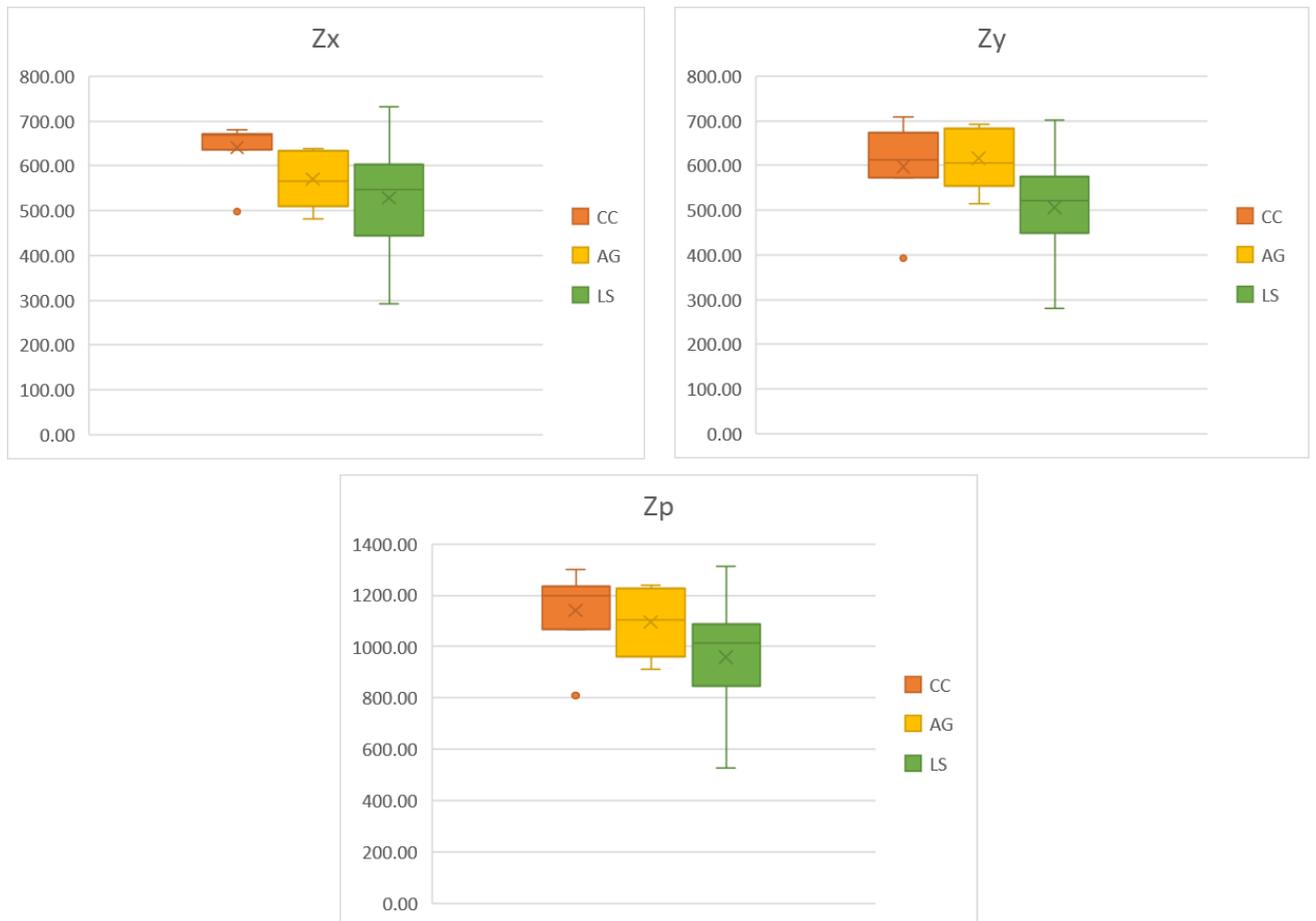


Figura 14: Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os resultados das propriedades  $Z_x$ ,  $Z_y$  e  $Z_p$  femorais dos três grupos. LS: Lagoa Santa; CC: Caçadores- Coletores; AG: Agricultores.

Os resultados para a relação  $I_x/I_y$  e  $Z_x/Z_y$  dos fêmures de cada grupo estão apresentados na Tabela 20 e na Figura 15. O valor de  $I_x/I_y$  de Lagoa Santa é maior do que 1, indicando um formato mais oval da diáfise, sendo menor do que o resultado de CC (sem significância estatística) e maior do que o obtido para o grupo AG, com significância estatística. Em relação ao índice  $Z_x/Z_y$ , Lagoa Santa também apresentou um valor significativamente maior que AG. Porém, em comparação com CC, não houve diferença estatística significativa.

**Tabela 20:** Comparação entre os valores de  $Z_x/Z_y$  e  $I_x/I_y$  obtidos para os fêmures de cada um dos grupos. \*: valor de  $p \leq 0,05$ ; \*\*: valor de  $p \leq 0,01$ .

	LS	CC	AG
$Z_x/Z_y$	1.04	1.07	0.93
$I_x/I_y$	1.19	1.23	0.97**

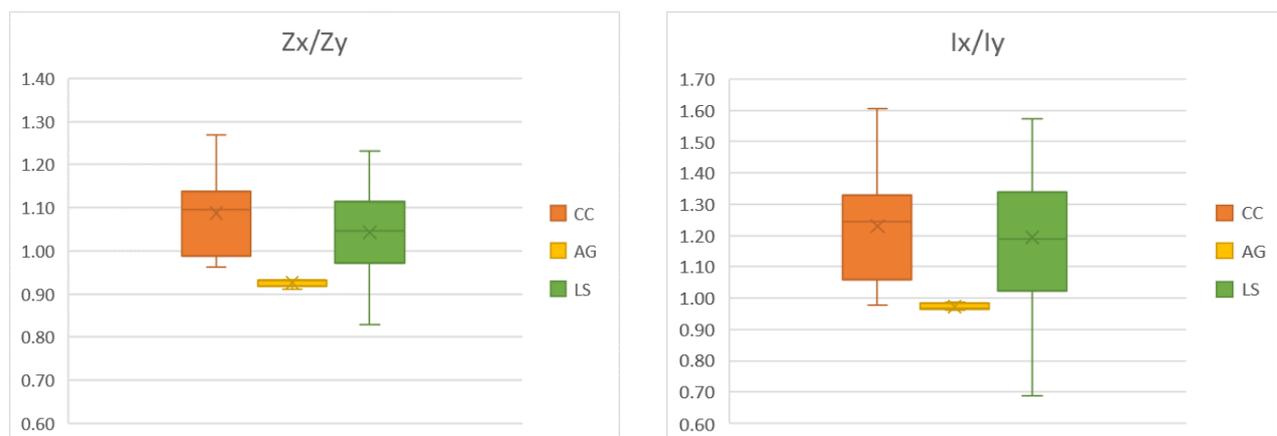


Figura 15: Gráficos de caixa apresentando os valores de  $Z_x/Z_y$  e  $I_x/I_y$  dos fêmures, nos três grupos.

A tabela a seguir (Tabela 21) apresenta os valores das propriedades femorais dos 3 grupos, categorizados pelo sexo. Na análise entre os indivíduos do sexo masculino, Lagoa Santa apresentou um valor intermediário nas propriedades  $Z_x$  e nos índices  $I_x/I_y$  e  $Z_x/Z_y$ .

Já os indivíduos do sexo feminino de Lagoa Santa só obtiveram o maior resultado em uma única variável, o índice  $I_x/I_y$ . No índice  $Z_x/Z_y$ , apresentou um valor intermediário, abaixo dos caçadores-coletores e acima dos agricultores. Em todas as outras variáveis, o grupo do sexo feminino de Lagoa Santa apresentou valores menores que os dois grupos comparativos.

**Tabela 21:** Comparação entre as propriedades femorais dos grupos Lagoa Santa, Agricultores e Caçadores-Coletores de acordo com o sexo.

Sexo	Grupo	N	IX	IY	Ix/Iy	ZX	ZY	Zx/Zy	TA	CA	IMAX	IMIN	J	ZP
	CC	94	<b>263.93</b>	219.68	1.20	<b>683.40</b>	<b>640.77</b>	<b>1.07</b>	796.36	621.56	<b>245.71</b>	171.49	<b>421.50</b>	<b>1212.11</b>
<b>M</b>	AG	100	224.84	<b>221.39</b>	1.02	605.42	636.62	0.95	781.32	601.24	221.54	<b>173.53</b>	395.07	1150.19
	LS	9	205.72	182.04	<b>1.13</b>	607.05	583.32	1.04	<b>852.60</b>	<b>697.69</b>	221.09	166.67	387.76	1097.12
	CC	70	<b>210.14</b>	179.71	1.17	<b>617.59</b>	583.83	<b>1.06</b>	720.69	520.66	<b>194.36</b>	<b>152.81</b>	324.26	<b>1114.98</b>
<b>F</b>	AG	73	182.00	<b>204.61</b>	0.89	517.21	<b>590.81</b>	0.88	<b>737.71</b>	<b>545.23</b>	189.45	149.49	<b>338.94</b>	1029.33
	LS	4	135.14	107.56	<b>1.26</b>	407.04	388.80	1.05	662.30	524.20	141.47	101.23	242.70	738.61

#### 5.4 Resultado das comparações entre as propriedades umerais.

Em relação ao úmero, os indivíduos de Lagoa Santa apresentaram valores maiores do que os dois grupos comparativos nas variáveis Ix, Iy, Imax, Imin, CA e J (Tabela 22). Os resultados para Zx, Zy, TA e Zp foram intermediários entre os caçadores coletores e agricultores. Contudo, todos os resultados não apresentaram diferença estatisticamente significativa.

**Tabela 22:** Comparação entre as propriedades geométricas umerais de caçadores-coletores (CC), agricultores (AG) e os indivíduos do grupo Lagoa Santa (LS). \*:  $\leq 0,05$ ; \*\*:  $\leq 0,01$ .

Grupo	Osso	N	Ix	Iy	Zx	Zy	TA	CA	Imax	Imin	J	Zp
CC		123	96.81	94.93	314.19	303.89	409.39	303.22	104.65	82.67	191.82	574.93
AG	Úmero	167	97.76	91.20	295.23	275.71	434.71	320.46	105.66	83.30	188.96	533.47
LS		23	117.99	100.87	304.23	297.00	429.39	342.42	119.05	85.39	204.43	558.72

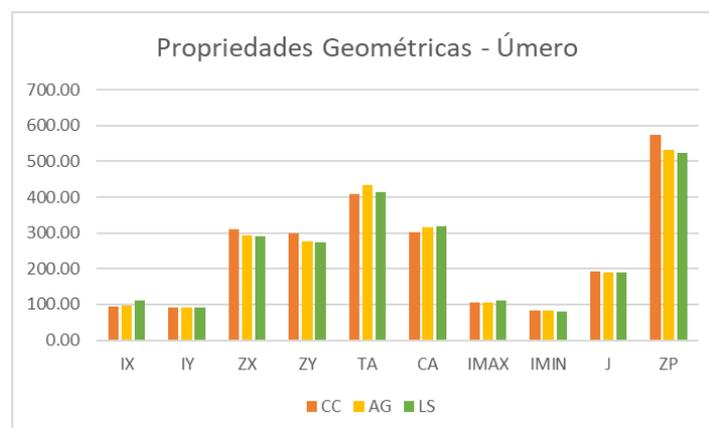


Figura 16: Gráfico de colunas exibindo a comparação entre os úmeros dos três grupos analisados, para cada uma das variáveis.

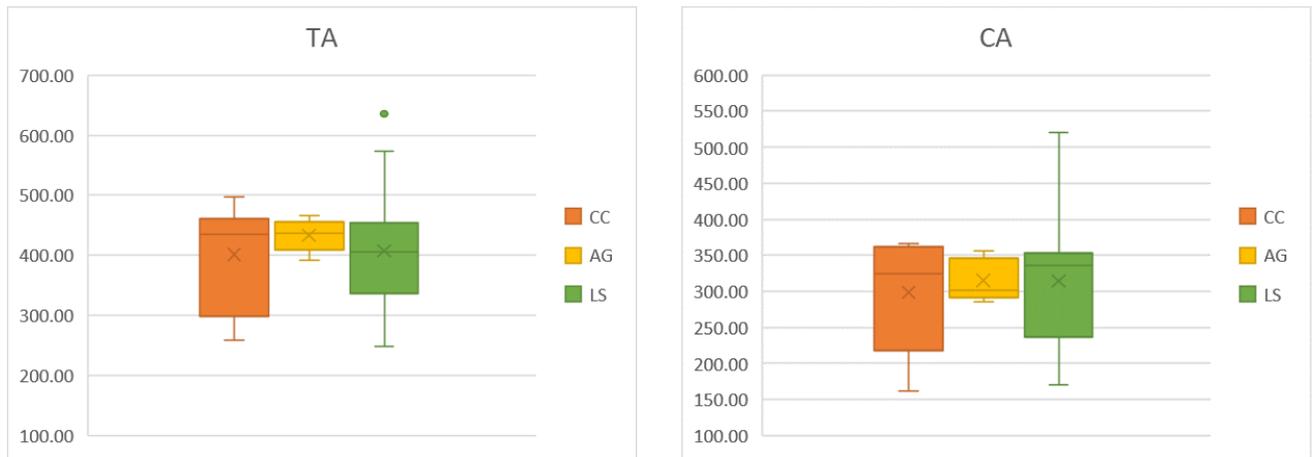
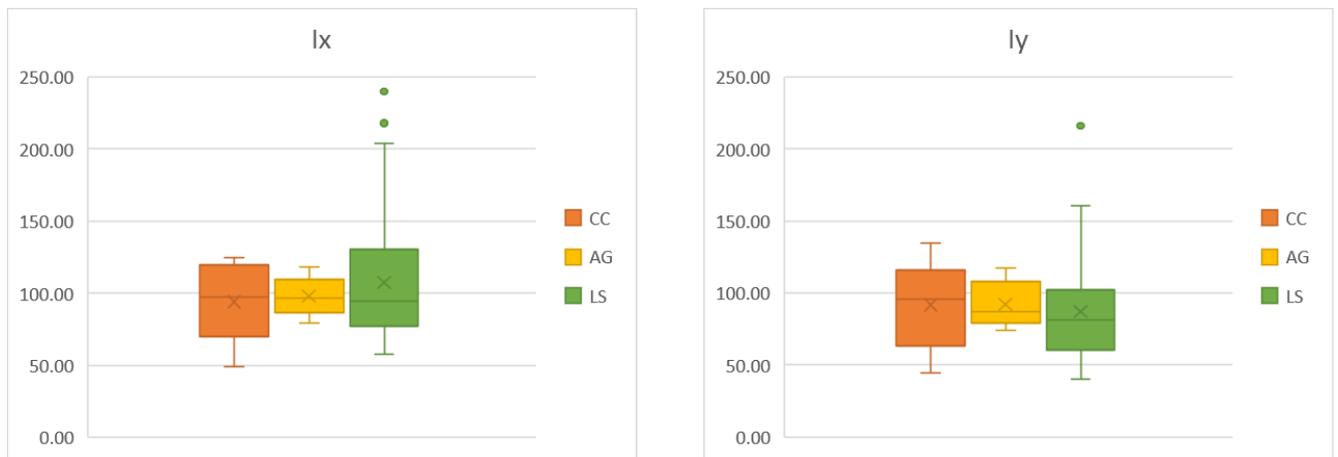


Figura 17: Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os grupos, para os valores de TA e CA umerais.



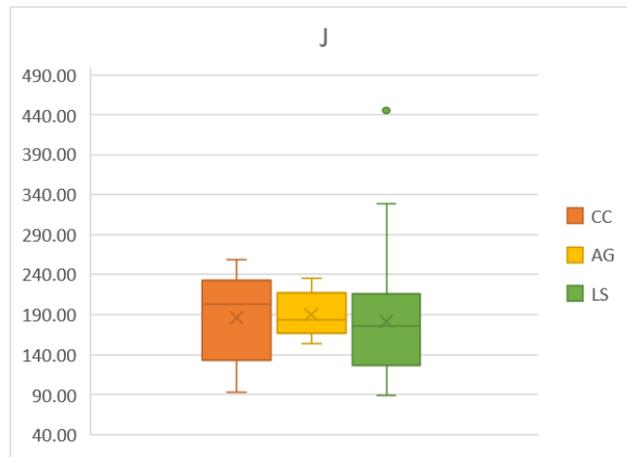


Figura 18: Gráficos apresentando a comparação entre os valores de  $I_x$ ,  $I_y$  e  $J$  obtidos para o úmero de cada grupo.

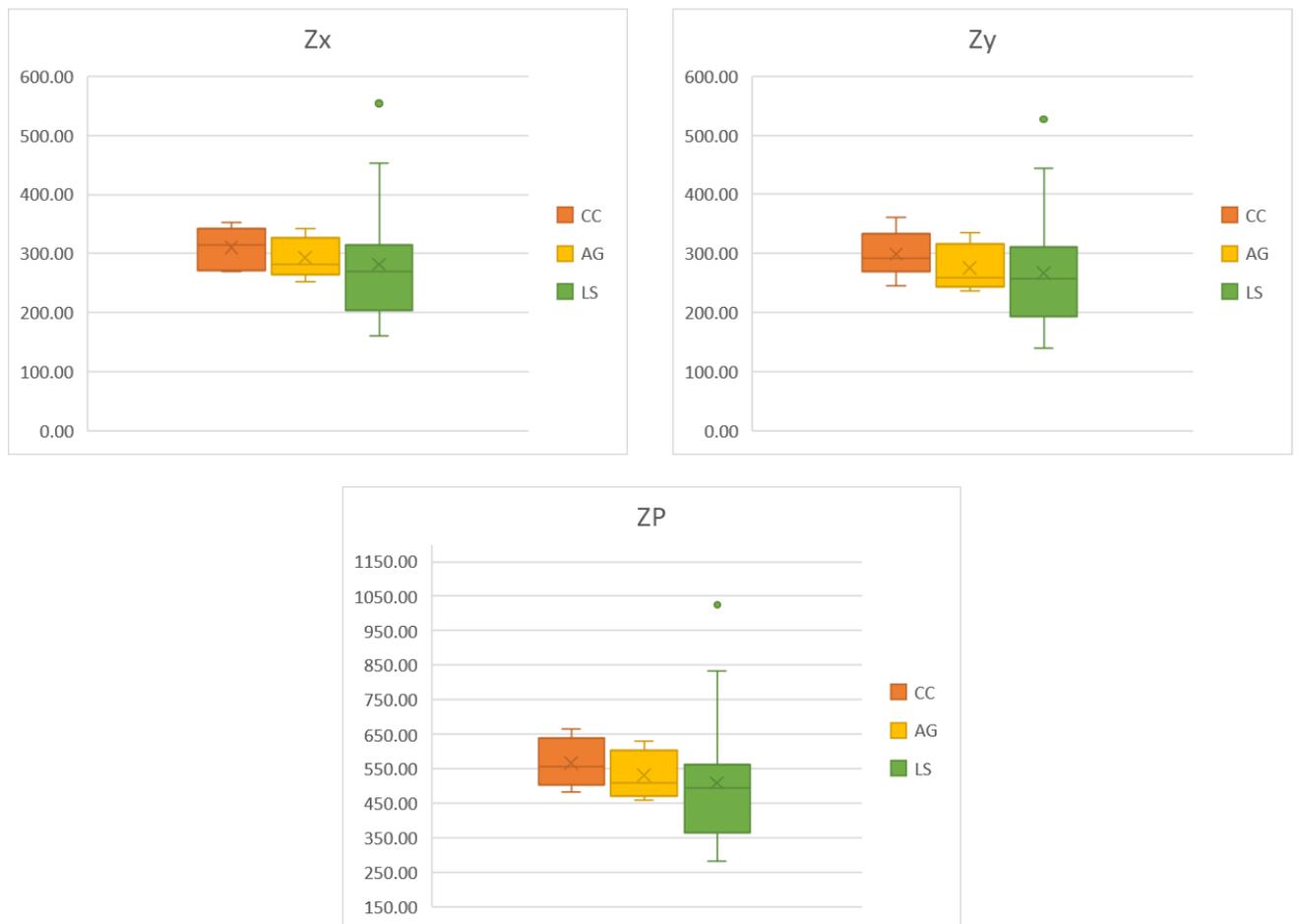


Figura 19: Gráficos de caixa apresentando a comparação entre os grupos, para os valores de  $I_x$ ,  $I_y$  e  $J$  umerais.

Os resultados para a relação  $I_x/I_y$  e  $Z_x/Z_y$  dos úmeros de cada grupo estão apresentados na Tabela 23 e na Figura 20. Os valores de  $I_x/I_y$  de Lagoa Santa são maiores do que 1, indicando um formato mais oval da diáfise, além de serem maiores do que os resultados obtidos para o grupo CC e AG. Em relação ao índice  $Z_x/Z_y$ , Lagoa Santa também apresentou um valor maior, contudo, sem significância estatística.

**Tabela 23:** Comparação entre os valores de  $Z_x/Z_y$  e  $I_x/I_y$  obtidos para os úmeros de cada um dos grupos. \*:  $\leq 0,05$ ; \*\*:  $\leq 0,01$ .

	LS	CC	AG
$Z_x/Z_y$	1.07	1.04	1.06
$I_x/I_y$	1.29	1.05**	1.07**

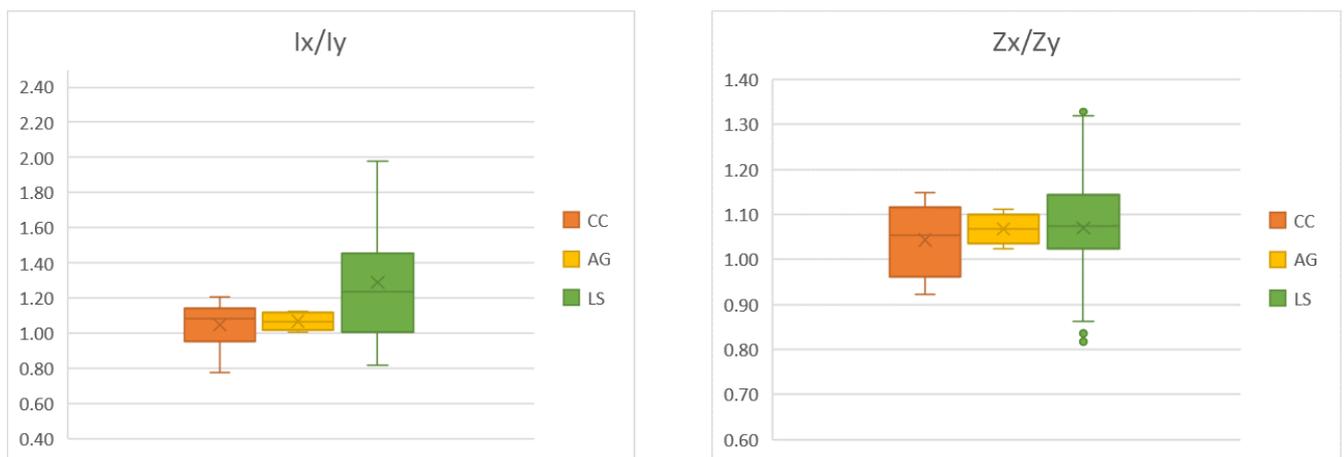


Figura 20: Comparação entre os índices  $I_x/I_y$  e  $Z_x/Z_y$  umerais dos grupos caçadores-coletores, agricultores e Lagoa Santa.

A tabela 20 apresenta os resultados das propriedades umerais, de cada grupo analisado, de acordo com o sexo. Com exceção do índice  $Z_x/Z_y$ , o grupo do sexo masculino de Lagoa Santa obteve os maiores resultados em todas as variáveis, indicando um alto nível de atividade dos membros superiores. O grupo do sexo feminino obteve altos valores para as variáveis  $I_x$ ,  $I_x/I_y$ , TA, CA, I<sub>max</sub>, quando comparado com AG e CC. Por outro lado, os resultados de  $I_y$ ,  $Z_x$ ,  $Z_y$ , I<sub>min</sub>, J e Z<sub>p</sub> foram menores que os valores apresentados pelos agricultores e similares aos apresentados pelos caçadores-coletores. O nível de atividade dos membros superiores do grupo do sexo feminino parece estar alinhado com o que é esperado de um grupo caçador-coletor.

**Tabela 24:** Comparação entre as propriedades umerais dos grupos Lagoa Santa, Agricultores e Caçadores-Coletores de acordo com o sexo.

Sexo	Grupo	N	IX	IY	Ix/Iy	ZX	ZY	Zx/Zy	TA	CA	IMAX	IMIN	J	ZP
	CC	41	111.13	109.22	1.02	338.59	330.03	1.03	446.52	344.44	119.33	96.00	220.34	622.32
<b>M</b>	AG	98	105.00	98.03	1.07	316.13	294.43	1.07	445.21	342.28	113.17	89.86	203.03	569.62
	LS	10	<b>141.68</b>	<b>119.54</b>	<b>1.19</b>	<b>350.06</b>	<b>336.96</b>	1.04	<b>481.07</b>	<b>365.45</b>	<b>138.95</b>	<b>105.02</b>	<b>243.97</b>	<b>640.94</b>
	CC	27	86.59	81.18	1.07	278.76	257.37	1.08	375.43	284.41	86.05	63.44	168.22	500.75
<b>F</b>	AG	72	89.14	84.15	1.06	270.40	254.71	1.06	423.88	292.95	97.72	75.57	173.29	491.98
	LS	7	<b>96.43</b>	83.22	<b>1.16</b>	256.44	257.02	1.00	<b>380.93</b>	<b>308.87</b>	<b>98.53</b>	66.61	165.14	474.21

## 6. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo trazem novas ideias sobre os padrões de atividade física e mobilidade desse grupo de paleoamericanos, com base nas propriedades geométricas dos ossos longos dos indivíduos de Lagoa Santa. Esses dados permitem inferir aspectos de sua vida cotidiana, como o nível de atividade física, a organização social e as adaptações culturais e biológicas.

### Propriedades Geométricas dos Ossos Longos no grupo Lagoa Santa

Os indivíduos de Lagoa Santa mostraram diferenças nas características dos ossos longos, sugerindo adaptações que foram afetadas por fatores biológicos, ambientais e comportamentais. Sínteses anteriores, como a de Araujo et al. (2012) e Da-Gloria et al. (2018), mostram que a dieta em Lagoa Santa dependia da caça de pequenos animais e da coleta de frutas, sementes e raízes. Esse sistema misto de subsistência provavelmente exigia padrões de mobilidade moderados, já que os recursos estavam disponíveis em áreas próximas. A informação sobre a mobilidade desses caçadores-coletores pode ser inferida pelas pesquisas de Raczka et al. (2012), que destacam que o clima era úmido durante o Holoceno Inferior na região, o que pode ter influenciado na densidade de assentamentos e na disponibilidade de recursos.

O contexto ambiental de Lagoa Santa também desempenha um papel significativo na formação de padrões de mobilidade. A marcante sazonalidade da região, caracterizada por uma estação seca e uma estação chuvosa marcada, teria influenciado os padrões de movimento de seus habitantes à medida que se adaptavam à disponibilidade de recursos (Figueredo et al., 2007). Essa variação sazonal deve ter exigido planejamento estratégico e mobilidade para garantir acesso a alimentos e água, enfatizando ainda mais a importância da atividade física em suas vidas diárias. Além disso, a região de Lagoa Santa possui relevos com ondulações, sendo que algumas áreas apresentam relevo bastante acentuado, como os maciços de calcário (Da-Gloria, 2021). Essa característica do ambiente pode ter aplicado uma sobrecarga extra sobre os membros inferiores dos habitantes da área.

Os valores das secções geométricas encontrados em Lagoa Santa são consistentes com os de outras populações de caçadores-coletores, uma vez que caçadores-coletores normalmente executam altos níveis de atividade física, o que se reflete em seus remanescentes ósseos (Pontzer et al., 2012). As adaptações femorais observadas na população de Lagoa Santa, apesar

de controversas quando observamos diferentes propriedades (J e Zp, por exemplo), sugerem um estilo de vida que envolvia nível considerável de mobilidade e uso dos membros inferiores, conforme indicado pelas formas mais ovais da secção do fêmur típicas de forrageadores em comparação com as formas mais circulares vistas em populações agrícolas mais sedentárias.

Além disso, o estudo de Thayer et al. (2021) sobre antigos caçadores-coletores da Patagônia fornece uma estrutura comparativa para entender as implicações da atividade física na saúde em populações semelhantes. Eles descobriram que maiores cargas mecânicas e níveis de atividade física estavam associados ao desenvolvimento de doenças degenerativas da articulação (DDA), o que auxilia na interpretação dos resultados de Lagoa Santa. Apesar do estudo de Da-Gloria ter identificado um baixo nível de mobilidade, também apresentou uma alta prevalência de DDA (Da-Gloria, 2021). Os resultados para J e Zp, obtidos no presente estudo, oferecem não permitem uma conclusão definitiva sobre o nível de atividade física de Lagoa Santa. Contudo, ao associar à alta taxa de DDA encontrada por Da-Gloria e às informações oferecidas pelo estudo de Thayer et al, os resultados sugerem alta atividade física no grupo lagoa-santense. Essa relação entre atividade física e saúde é crucial para pensar as estratégias adaptativas dessas populações iniciais.

#### Dimorfismo Sexual e Atividade Física

Os resultados deste estudo indicaram um dimorfismo sexual significativo na população de Lagoa Santa, com os indivíduos do sexo masculino apresentando maiores valores nas variáveis TA, CA, Ix, Iy, Zx, Zy e J, em comparação com as mulheres. Os valores de Ix, Iy, Zx, Zy e J obtidos pelo grupo do sexo masculino podem indicar uma adaptação da rigidez e da resistência a movimentos mais exigentes, tanto no sentido anteroposterior como mediolateral - possivelmente padrões de movimento específicos desse grupo. As integrantes do sexo feminino, por outro lado, poderiam ter uma sequência de movimentos que exigiam um menor nível de atividade, resultando em momentos de inércia relativamente menores, mas adequados para suas necessidades diárias.

A pesquisa de Coussens et al (2002) corrobora com o resultado de dimorfismo sexual encontrado na morfologia óssea da população de Lagoa Santa. O estudo indica que os indivíduos do sexo masculino geralmente exibem maior robustez em ossos longos em comparação ao grupo do sexo feminino, o que se alinha com as descobertas de outras populações de caçadores-coletores. Essa robustez é frequentemente atribuída às demandas

físicas de atividades de subsistência, onde o grupo masculino se envolve em tarefas mais extenuantes, como caça, enquanto o grupo feminino pode ter papéis que envolvem coleta e processamento (Coussens et al., 2002).

Em termos de morfologia craniana, a pesquisa de Neves e Atui enfatiza a alta variação morfológica dentro da população de Lagoa Santa, observando que a população exibe dimorfismo sexual significativo (Neves & Atui, 2004). Sua análise indica que remanescentes ósseos do sexo masculino e feminino mostram diferenças distintas em robustez e tamanho, com os indivíduos do sexo masculino geralmente exibindo maior tamanho e robustez em comparação ao grupo feminino. Esse padrão é consistente com descobertas de outras populações pré-históricas, onde o dimorfismo sexual é frequentemente ligado a diferentes papéis em estratégias de subsistência e níveis de atividade física (Larsen, 2015). As implicações dessas descobertas sugerem que a divisão do trabalho na sociedade de Lagoa Santa pode ter contribuído para diferenças observáveis na secção transversal, como é comum em caçadores-coletores.

O índice  $Z_x/Z_y$  maior no grupo do sexo feminino, encontrado no presente estudo, sugere que os fêmures dessa parcela da população têm o formato oval mais acentuado, uma característica que pode ser resultado de forças aplicadas no sentido anteroposterior. Contudo, o resultado obtido para o grupo do sexo masculino foi próximo, indicando que esse resultado pode ser um reflexo do nível de atividade do grupo como um todo.

Pesquisas indicam que caçadores-coletores do sexo feminino e masculino exibem estruturas femorais robustas, que são frequentemente atribuídas a altos requisitos de mobilidade em terrenos acidentados. Por exemplo, Temple et al. (2021) descobriram que caçadores-coletores de Point Hope, Alasca, exibiam robustez significativa do eixo médio femoral, sugerindo que ambos os sexos estavam envolvidos em ampla mobilidade em paisagens desafiadoras. Essa robustez é ainda mais apoiada pelo estudo de Holt (2003), que destaca que caçadores-coletores geralmente exibem maior força de flexão anteroposterior na região do joelho, particularmente em machos que são mais propensos a realizar forrageamento de longa distância. Em grupos humanos, o forrageamento envolve atividades de coleta de plantas, frutos, raízes e, muitas vezes, caça e pesca, dependendo do que está disponível no ecossistema ao redor.

O maior momento de inércia em  $I_x$  e  $I_y$  no fêmur dos indivíduos do sexo masculino em Lagoa Santa, reforça o entendimento de um grupo masculino apresentando maior atividade de membros inferiores, quando comparado com o grupo do sexo feminino.

A razão  $Z_x/Z_y$  gerada na análise umeral, a qual favorece o grupo feminino (1,09) em comparação ao masculino (1,01), sugere uma maior assimetria no formato do úmero feminino. Isso pode ser interpretado como uma adaptação às atividades cotidianas que exigem movimentos de braços em uma direção específica, como o eixo X, refletindo as demandas de suas atividades diárias e sociais.

Além disso, a assimetria entre os úmeros direito e esquerdo no grupo do sexo masculino, superior a 17%, sugere que esses indivíduos faziam uso preferencial de um dos membros superiores. Esse dado pode estar relacionado à prática de atividades que envolviam força unilateral, como o uso de ferramentas, bem como a manipulação de objetos em tarefas diárias – por exemplo, o manejo de lanças durante a atividade de caça. A presença de assimetria nos dois grupos, sexo feminino e masculino, mesmo que em níveis diferentes, pode ser um reflexo das estratégias de subsistência dos Paleoamericanos de Lagoa Santa e um indicador de que o grupo do sexo feminino poderia estar mais envolvido em atividades que exigiam movimentação bilateral do membro superior.

Isso se alinha com a pesquisa de Marchi et al. (2012), que notaram que mesmo grupos caçadores-coletores em transição para a agricultura ainda apresentaram uma divisão sexual do trabalho acentuada (Marchi et al., 2006). As implicações dessas descobertas sugerem que as demandas físicas das estratégias de subsistência podem moldar a morfologia esquelética, a qual também pode ser influenciada pela organização social subjacente.

Partindo desse princípio, a variação nas propriedades geométricas entre os sexos pode ser diretamente ligada ao estilo de vida e às atividades físicas realizadas por cada grupo. A estrutura social, a cultura, de modo geral, das populações de Lagoa Santa pode ter influenciado as funções desempenhadas por cada sexo. Por exemplo, a divisão do trabalho em sociedades de caçadores-coletores frequentemente leva a diferenças nos níveis de atividade física entre os sexos. A população de Lagoa Santa, como um grupo paleoamericano, provavelmente exibia padrões semelhantes, com indivíduos do sexo masculino se envolvendo em tarefas fisicamente mais exigentes relacionadas à caça, transporte de materiais mais pesados e corte de madeira,

enquanto o grupo do sexo feminino pode ter participado de atividades de coleta e processamento (Haas et al., 2020; Wood et al., 2021).

Diferenças hormonais e genéticas entre os sexos podem contribuir para a variação nas propriedades geométricas. Os hormônios sexuais, como a testosterona, têm um impacto significativo no crescimento ósseo e na densidade mineral (DMO). DMO refere-se à quantidade de minerais, especialmente cálcio e fósforo, presente no osso, sendo uma medida importante para avaliar a saúde e a resistência óssea - pois indica a "densidade" ou "compacidade" do osso, o que o torna mais ou menos suscetível a fraturas (Guyton e Hall, 2021). Ossos com maior densidade mineral são geralmente mais fortes e menos propensos a quebrar, enquanto ossos com baixa densidade são mais frágeis. O fato de o grupo masculino ter maiores níveis de testosterona pode ter influenciado de alguma forma na obtenção de maiores resultados - em comparação com o grupo feminino.

A arquitetura genética do dimorfismo sexual também é uma consideração importante. Bonduriansky discute como as bases genéticas do dimorfismo sexual podem ser influenciadas e dependentes das condições as quais o indivíduo está exposto - sugerindo que a expressão de características sexualmente dimórficas pode estar ligada às condições ambientais e à saúde individual (Bonduriansky, 2007). Essa perspectiva é particularmente relevante no contexto da população de Lagoa Santa, onde padrões culturais e ambientais podem ter desempenhado um papel na formação do dimorfismo sexual e reitera a importância de uma análise pautada nos preceitos bioculturais.

As diferenças nas propriedades geométricas do fêmur e do úmero entre os sexos de Lagoa Santa refletem não apenas adaptações a diferentes estilos de vida e atividades físicas, mas também aspectos culturais e biológicos que moldaram o desenvolvimento esquelético dessas populações. As hipóteses apresentadas, na introdução do presente trabalho, para o membro superior foram, então, confirmadas: os indivíduos de Lagoa Santa apresentam alto nível de assimetria umeral, especialmente no grupo do sexo masculino, o que também confirma a hipótese da presença de dimorfismo sexual.

#### Comparação de Lagoa Santa com Caçadores-Coletores e Agricultores

A comparação entre os indivíduos de Lagoa Santa e outros grupos caçadores-coletores e agricultores revelou padrões interessantes em relação às propriedades geométricas dos ossos longos, sugerindo diferenças no nível e tipo de atividade física entre essas populações.

Os fêmures de Lagoa Santa apresentaram valores significativamente menores nas variáveis  $I_x$ ,  $Z_x$ ,  $Z_y$  e  $Z_p$  quando comparados aos de outros caçadores-coletores, sugerindo um menor nível de atividade física. Contudo, o valor obtido para a variável  $J$  – a qual representa a rigidez sob torção – foi maior do que os valores obtidos nos outros dois grupos, mesmo que sem significância estatística. Além disso, Lagoa Santa obteve valores intermediários para os índices  $I_x/I_y$ ,  $Z_x/Z_y$  e a variável  $I_{max}$ . Considerando que os ossos longos são submetidos a forças de múltiplas direções (Larsen, 2015), as propriedades geométricas que melhor representam a atividade física são  $J$ ,  $Z_p$  e os índices. Embora o valor de  $Z_p$  aponte para uma baixa atividade de membros inferiores, os valores de  $J$ ,  $I_x/I_y$  e  $Z_x/Z_y$  colocam Lagoa Santa em um nível de atividade semelhante aos dois grupos comparativos – o que caracteriza um alto padrão de atividade femoral.

Uma possível explicação para esses resultados opostos pode ter a ver com o tipo de característica representada pela propriedade. O baixo valor de  $Z_p$  pode apontar para um osso com baixa resistência, o que indicaria que ele é resistente à deformação, mas não é capaz de suportar grandes cargas antes de fraturar. O valor de  $J$  poderia, então, representar um osso que não se deforma facilmente sob uma carga, mantendo sua forma e com tendência a suportar melhor cargas de menor intensidade.

Os Paleoamericanos de Lagoa Santa talvez tivessem um modo de vida menos dependente de grandes deslocamentos ou movimentos intensos de corrida, o que contrasta com caçadores-coletores de outras regiões, cujas atividades diárias poderiam demandar maiores esforços locomotores.

Quando comparados exclusivamente com grupos agricultores, os indivíduos de Lagoa Santa tiveram resultados significativamente menores apenas nas variáveis  $I_y$  e  $Z_y$ . A menor rigidez e resistência mediolateral em Lagoa Santa, quando comparados com agricultores, pode apontar uma diferença na direção dos vetores de força atuantes sobre o osso, oferecendo uma perspectiva de que as atividades executadas pelos agricultores eram diferentes das executadas pelo grupo Lagoa Santa – reiterando a semelhança dos lagoa-santenses com os grupos caçadores-coletores. O fato de os valores de  $I_x$ ,  $Z_x$ ,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ ,  $J$  e  $Z_p$  não serem estatisticamente diferentes, pode sugerir que, em certos aspectos, o estilo de vida de Lagoa Santa compartilhava similaridades com o de populações mais sedentárias, embora a mobilidade ainda fosse uma parte importante de sua subsistência.

Algumas das pesquisas fundamentais usando a análise de propriedades geométricas foram elaboradas por Christopher Ruff, que examinou a geometria transversal de ossos longos em diferentes populações (Ruff e Hayes, 1983; Ruff, Larsen e Hayes, 1984; Ruff, 1987; Larsen, Ruff e Kelly, 1995; Ruff, 2019; 2022). As pesquisas indicam que caçadores-coletores geralmente exibem estruturas ósseas resistentes e rígidas em comparação aos agricultores, refletindo os níveis mais altos de atividade física associados às suas estratégias de subsistência. Essas características são demonstradas por meio de propriedades geométricas mais altas, que são correspondentes às adaptações às cargas mecânicas experimentadas durante atividades como caça e coleta. As descobertas sugerem que as demandas físicas de um estilo de vida móvel levam a diferenças significativas na estrutura óssea, com caçadores-coletores exibindo adaptações que aumentam sua capacidade de suportar os rigores de sua subsistência (Stock, 2006).

Em uma análise comparativa, Püschel e Benítez (2014) exploraram a adaptação funcional femoral entre caçadores-coletores e agricultores usando morfometria geométrica. O estudo deles descobriu que a estrutura diafisária dos ossos longos de caçadores-coletores é geralmente mais robusta, indicando adaptações aos estresses mecânicos associados ao seu estilo de vida ativo (Püschel e Benítez, 2014). A mudança da caça-coleta para a agricultura tem sido frequentemente associada a uma redução das características geométricas nos ossos longos humanos, o que é consistente com a noção de que estilos de vida sedentários levam à redução de aspectos como resistência e força (Püschel e Benítez, 2014). Essa transição destaca o impacto das estratégias de subsistência na morfologia esquelética, com caçadores-coletores exibindo adaptações que refletem sua necessidade de mobilidade e resistência física.

A pesquisa de Damiano Marchi (2008) sobre a geometria transversal dos membros inferiores em populações neolíticas fornece uma estrutura comparativa para entender as diferenças entre caçadores-coletores e agricultores – e ajuda a refletir sobre os resultados obtidos para Lagoa Santa. O estudo reforça a teoria de que transição para a agricultura está associada a um declínio na robustez, refletindo uma mudança para estilos de vida mais sedentários. Esse contraste entre os grupos traz uma reflexão acerca das implicações evolutivas das estratégias de subsistência na morfologia óssea humana.

**Tabela 25:** Síntese dos resultados obtidos na comparação entre os fêmures. Ag: Agricultores; CC: Caçadores- Coletores; LS: Lagoa Santa; NA: Não se aplica.

---

**Fêmur**

---

<b>Propriedade</b>	<b>Qual tem o valor maior?</b>	<b>Significância Estatística</b>	<b>Nível de Atividade Física</b>
<b>TA</b>	LS>CC>AG	sim	NA
<b>CA</b>	LS>CC>AG	não	NA
<b>Ix</b>	CC>AG>LS	sim	Baixa
<b>Iy</b>	AG>CC>LS	sim	Baixa
<b>Ix/Iy</b>	CC>LS>AG	sim	Média
<b>Imax</b>	CC>LS>AG	não	Média
<b>Imin</b>	CC>AG>LS	não	Baixa
<b>Zx</b>	CC>AG>LS	sim	Baixa
<b>Zy</b>	CC>AG>LS	sim	Baixa
<b>Zx/Zy</b>	CC>LS>AG	não	Média
<b>J</b>	LS>AG>CC	não	Alta
<b>Zp</b>	CC>AG>LS	sim	Baixa

#### Influências Ambientais e Adaptações Biomecânicas.

Fatores ambientais também desempenham um papel significativo na formação das propriedades geométricas transversais dos ossos em sociedades de caçadores-coletores. Tallavaara e Jørgensen (2020) destacam que a produtividade ambiental influencia a densidade populacional e os padrões de mobilidade entre caçadores-coletores, o que por sua vez afeta a morfologia esquelética. Seus resultados sugerem que a disponibilidade de recursos e a necessidade de mobilidade para acessar esses recursos são fatores críticos na determinação das adaptações físicas das populações de caçadores-coletores. Uma área com grande quantidade de recursos exige uma menor mobilidade do grupo que está buscando por esses recursos.

Os resultados obtidos, no presente estudo, para o índice Ix/Iy indicam diferenças na morfologia óssea entre os grupos de Lagoa Santa, agricultores e caçadores-coletores. O valor de 1,19 para o índice Ix/Iy em Lagoa Santa sugere que a diáfise do fêmur apresenta um formato oval, o que implica na já mencionada resistência superior à flexão no eixo anteroposterior em comparação com o eixo mediolateral. Esse padrão é consistente com as adaptações biomecânicas esperadas em indivíduos que realizam atividades locomotoras regulares, indicando que os Paleoamericanos de Lagoa Santa estavam fisicamente ativos e envolvidos em um estilo de vida altamente móvel.

Quando comparado com os agricultores, que apresentaram um índice  $I_x/I_y$  de 0,97, a diferença foi estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ). Esse resultado é indicativo de que os agricultores, possivelmente com um estilo de vida mais sedentário, experimentaram um menor estresse mecânico nos membros inferiores, resultando em uma diáfise óssea menos oval e, portanto, menos adaptada para resistência à flexão anteroposterior. Essa distinção é importante, pois sugere que a atividade física e a mobilidade dos indivíduos de Lagoa Santa foram mais intensas, contribuindo para um desenvolvimento ósseo mais acentuado.

Por outro lado, a comparação entre Lagoa Santa e os caçadores-coletores, que apresentaram um índice  $I_x/I_y$  de 1,23, não revelou significância estatística. Esse resultado sugere que, embora as diferenças morfológicas existam para a média dos caçadores-coletores, elas podem não ser suficientemente relevantes em um contexto evolutivo ou funcional – ou seja, a função biomecânica principal pode ter sido semelhante entre os grupos. A similaridade nos índices  $I_x/I_y$  entre Lagoa Santa e os caçadores-coletores indica que ambos podem ter enfrentado condições similares de atividade física, reforçando a ideia de que a mobilidade e a necessidade de resistência a forças anteroposteriores foram características importantes em suas vidas diárias.

Em relação ao índice  $Z_x/Z_y$ , os resultados também indicam padrões interessantes de adaptação. Para Lagoa Santa, o valor de 1,04 sugere que a resistência à flexão é equilibrada entre os eixos anteroposterior e mediolateral, indicando uma estrutura óssea adaptada para suportar estresses mecânicos de forma eficaz. Quando comparado com os grupos, Lagoa Santa apresenta um índice  $Z_x/Z_y$  semelhante aos caçadores-coletores (1,07), enquanto os agricultores apresentaram um índice mais baixo, de 0,93.

A proximidade dos índices de Lagoa Santa e dos caçadores-coletores indica que ambos os grupos enfrentaram forças anteroposteriores e mediolaterais de maneira semelhante, o que reforça a hipótese de que suas atividades físicas e estilos de vida exigiam uma resistência e rigidez considerável em ambas as direções.

O índice  $Z_x/Z_y$  de Lagoa Santa, significativamente maior que o dos agricultores, reforça a ideia de maior mobilidade e exigência física do primeiro grupo. A diferença significativa entre Lagoa Santa e os agricultores sugere que o padrão de atividade mais sedentário dos agricultores resultou em um desenvolvimento ósseo que não favoreceu a resistência e rigidez óssea em

ambas as direções, refletindo um estilo de vida menos exigente em termos de atividade física e mobilidade.

No que diz respeito às propriedades geométricas umerais, os resultados são mais claros do que no caso do fêmur. Na análise comparativa com os dois grupos (AG e CC), em doze das propriedades geométricas analisadas, Lagoa Santa obteve valores correspondentes a um alto nível de atividade física em 7 delas:  $I_x$ ,  $I_y$ , o índice  $I_x/I_y$ ,  $I_{max}$ ,  $I_{min}$ , o índice  $Z_x/Z_y$  e  $J$ . Os valores obtidos para  $Z_x$ ,  $Z_y$  e  $Z_p$  foram intermediários entre os dois grupos, caracterizando uma atividade umeral média.

Embora a significância estatística tenha sido encontrada apenas para o índice  $I_x/I_y$ , os dados obtidos revelam que os membros superiores do grupo Lagoa Santa executaram atividades físicas semelhantes aos outros caçadores-coletores analisados.

Campo (2023) descreve que caçadores-coletores frequentemente se envolvem em uma variedade de atividades que exigem diferentes padrões de carga, levando a adaptações mais pronunciadas na geometria dos membros superiores. As descobertas desse estudo sugerem que os membros superiores de caçadores-coletores são moldados por uma combinação de uso de ferramentas, caça e atividades de coleta, que impõem diferentes tensões mecânicas em comparação com as tarefas repetitivas associadas à agricultura.

Sikdar (2023) fornece evidências adicionais das diferenças na morfologia dos membros superiores ao comparar índices de robustez entre caçadores-coletores e grupos agropastoris iniciais. O estudo descobriu que caçadores-coletores exibiam maior assimetria em seus membros superiores, provavelmente devido à dependência de ferramentas que impõem carga unilateral, como lanças e atlatls. Isso contrasta com práticas agrícolas, que frequentemente envolvem padrões de carga mais simétricos devido à natureza das tarefas agrícolas.

Além disso, Eshed et al. (2003) exploraram marcadores de estresse musculoesquelético em caçadores-coletores Natufianos e fazendeiros do período neolítico, revelando que, embora ambos os grupos exibissem sinais de estresse mecânico, os padrões em caçadores-coletores eram mais pronunciados, refletindo seu envolvimento em diversas atividades que exigiam diferentes tipos de uso dos membros superiores.

Além disso, a pesquisa de Sparacello et al. (2014) indica que, embora os agricultores possam não mostrar assimetria significativamente maior em suas propriedades geométricas

umerais, em comparação com populações sedentárias modernas, eles exibem uma média de força maior. Essa descoberta sugere que as demandas mecânicas da agricultura levam a adaptações que aumentam a resistência óssea, mesmo que a assimetria geral não seja marcadamente diferente. Em contraste, caçadores-coletores podem apresentar maior assimetria devido às demandas variadas e frequentemente unilaterais de suas atividades, como arremessar ou usar ferramentas, o que pode levar a diferenças mais pronunciadas na geometria óssea entre os braços dominantes e não dominantes (Weiss, 2009).

O valor de Ix para Lagoa Santa (111,56) é maior do que o dos caçadores-coletores (96,81) e dos agricultores (97,76). Esses valores sugerem que os indivíduos de Lagoa Santa desenvolveram diáfises umerais correspondentes a altos níveis de atividade, possivelmente em resposta a uma necessidade de rigidez mecânica aumentada, embora não tenha havido significância estatística nas variáveis analisadas.

A comparação do índice Ix/Iy umeral mostrou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Lagoa Santa apresentou um valor de 1,29, que é significativamente maior do que o dos caçadores-coletores (1,05) e agricultores (1,07). Isso indica que a diáfise do úmero de Lagoa Santa possui um formato mais oval, o que pode ser interpretado como uma adaptação a um padrão de atividade que requer maior resistência e suporte, possivelmente ligado a altos níveis de atividade física - a qual, nesse contexto, refere-se à movimentação do membro superior.

Os dados sugerem que os Paleoamericanos de Lagoa Santa apresentavam características ósseas associadas a altos níveis de atividade física, em alguns aspectos semelhantes aos caçadores-coletores (CC) e, em outros, mais próximos aos agricultores (AG). A única diferença estatisticamente significativa foi no índice Ix/Iy, que pode indicar um padrão específico de atividade ou adaptações biomecânicas distintas. Essas tendências indicam que o estilo de vida dos lagoa-santenses envolvia um grau significativo de atividade física, porém com algumas poucas características de agricultores, que podem estar relacionadas às particularidades ambientais da região de Lagoa Santa e às estratégias adaptativas específicas desenvolvidas por essa população.

Esses achados fornecem insights importantes sobre as diferenças biomecânicas e de comportamento entre as populações pré-históricas e levantam novas questões sobre as

particularidades das práticas cotidianas e as influências do ambiente no desenvolvimento dessas populações.

Os resultados para o úmero reforçam as observações feitas para o fêmur. Especialmente no que diz respeito aos valores de  $I_x/I_y$  de Lagoa Santa, novamente superiores a 1, os quais sugerem que os úmeros desses indivíduos também apresentam uma forma ovalada, provavelmente refletindo o uso intensivo dos membros, que exigiam a rigidez do tecido ósseo.

Em relação ao índice  $Z_x/Z_y$ , embora Lagoa Santa tenha apresentado valores maiores, a ausência de significância estatística indica que as diferenças observadas em relação aos caçadores-coletores e agricultores podem não ser suficientemente robustas para se concluir um desvio dos valores das médias das estratégias de subsistência. No entanto, esses valores ainda apontam para um uso considerável dos membros superiores em atividades físicas intensas, que exigiam altas resistência a cargas aplicadas.

**Tabela 26:** Síntese dos resultados obtidos na comparação entre os úmeros. Ag: Agricultores; CC: Caçadores- Coletores; LS: Lagoa Santa; NA: Não se aplica

Úmero			
Propriedade	Qual tem o maior valor?	Significância Estatística	Nível de Atividade Física
TA	AG>LS>CC	não	NA
CA	LS>AG>CC	não	NA
$I_x$	LS>AG>CC	não	Alta
$I_y$	LS>CC>AG	não	Alta
$I_x/I_y$	LS>AG>CC	sim	Alta
$I_{max}$	LS>AG>CC	não	Alta
$I_{min}$	LS>AG>CC	não	Alta
$Z_x$	CC>LS>AG	não	Média
$Z_y$	CC>LS>AG	não	Média
$Z_x/Z_y$	LS>AG>CC	não	Alta
J	LS>CC>AG	não	Alta
$Z_p$	CC>LS>AG	não	Média

Desse modo, os resultados encontrados na análise comparativa dos grupos Lagoa Santa, Agricultores e Caçadores-Coletores corroboram as hipóteses levantadas na introdução: o

padrão de atividade física dos membros superiores de Lagoa Santa é semelhante a outros grupos caçadores-coletores.

Essas diferenças morfológicas e funcionais fornecem uma visão única sobre a vida dos Paleoamericanos de Lagoa Santa, demonstrando a importância de se considerar o contexto ambiental e as práticas culturais na interpretação das variações biomecânicas entre as populações pré-históricas.

Os resultados de Lagoa Santa indicam uma população que estava fisicamente ativa e envolvida em um estilo de vida que exigia alta demanda física. No entanto, as adaptações ósseas observadas, tanto em homens quanto em mulheres, também sugerem uma divisão de trabalho que pode ter refletido a especialização em atividades físicas e comportamentais diferentes. As diferenças entre Lagoa Santa, caçadores-coletores e agricultores reforçam a importância de se considerar o contexto ambiental e as práticas socioculturais na análise bioarqueológica.

Esses achados oferecem uma nova compreensão das adaptações funcionais dos paleoamericanos de Lagoa Santa e fornecem uma base para futuras pesquisas sobre os impactos das estratégias de subsistência e do ambiente na morfologia esquelética de populações pré-coloniais.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os habitantes de Lagoa Santa se engajaram em uma gama de atividades físicas, refletindo um estilo de vida adaptado ao seu ambiente local. Os resultados deste estudo indicam que as propriedades geométricas femorais são semelhantes às de caçadores-coletores, assim como os valores obtidos para os úmeros – embora a análise umeral apresente também resultados intermediários entres os dois grupos comparativos.

Ao comparar Lagoa Santa com outras populações de caçadores-coletores e agricultores, padrões distintos podem ser claramente identificados. Caçadores-coletores, como os Hadza da Tanzânia, são conhecidos por seus altos níveis de atividade física, necessários para a caça e o forrageamento em amplos territórios. Isso se reflete na robustez óssea e nas adaptações biomecânicas observadas em seus esqueletos. Em contraste, agricultores tendem a exibir menores níveis de atividade física e uma morfologia esquelética menos robusta, como observado por González-José et al. (2005) e Mazza (2019), que associam a transição para a agricultura a mudanças morfológicas, como a redução da massa óssea femoral. Os resultados dos vestígios ósseos analisados sugerem uma variação nas atividades físicas exercidas pelo grupo Lagoa Santa, possivelmente influenciada pelo ambiente, pela disponibilidade de recursos e contexto cultural.

A pesquisa de Ojiambo et al. (2013) apoia essa noção, indicando que caçadores-coletores exibem níveis de atividade física mais altos do que populações industrializadas afluentes. Essa descoberta é consistente com as observações de Kretschmer (2023), que observou que crianças caçadoras-coletoras se envolvem em significativamente mais atividade física em comparação com seus pares em sociedades industrializadas. Os altos níveis de atividade física entre caçadores-coletores são essenciais para sua sobrevivência, pois dependem de suas capacidades físicas para adquirir alimentos e recursos.

Em contraste com os caçadores-coletores, os agricultores normalmente exibem diferentes padrões de atividade física devido à natureza sedentária das práticas agrícolas. Gurven et al. (2013) conduziu um estudo sobre ameríndios bolivianos, descobrindo que a atividade física entre agricultores varia, com relativamente pouco tempo gasto em comportamento sedentário. Esse padrão é consistente com descobertas de outras populações agrícolas, onde as atividades diárias são frequentemente fisicamente exigentes, envolvendo tarefas como plantio, colheita e manutenção de plantações. No entanto, a intensidade geral e a variabilidade da atividade física em agricultores podem ser menores do que as observadas em caçadores-coletores, que se envolvem em uma gama mais ampla e mais intensa de atividades.

Em conclusão, os padrões de atividade física observados em Lagoa Santa se situam entre os apresentados por caçadores-coletores e os agricultores, embora mais semelhantes ao primeiro grupo. Essa população paleoamericana exhibe adaptações ósseas que refletem uma vida fisicamente ativa, com mobilidade intensa. No presente estudo, contrariando os resultados apresentados por Da-Gloria (2012) e a hipótese estabelecida inicialmente, os indivíduos de Lagoa Santa apresentaram um alto nível de atividade física e mobilidade para os membros inferiores. Por outro lado, os resultados encontrados na análise do úmero foram correspondentes às hipóteses iniciais: elevado uso dos membros superiores, com assimetria significativa entre os lados direito e esquerdo, com os valores sendo maiores no grupo do sexo masculino – um padrão similar ao apresentado por grupos caçadores-coletores.

Pesquisas futuras podem investigar mais profundamente as adaptações ósseas, utilizando abordagens interdisciplinares que integrem dados bioarqueológicos, ambientais e antropológicos para uma compreensão mais abrangente das práticas cotidianas e suas influências na morfologia esquelética de populações paleoamericanas como Lagoa Santa.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, Barbara & Ferreira, Mariana & Santos, Letícia & Moreira, Carolina & Botelho Pires De Campos, Maria & Milani, Cintia & Madalena, Isabela & Baratto Filho, Flares & Roskamp, Liliane. (2023). Histomorfometria Óssea: Uma Análise Entre As Técnicas Com Metacrilato De Metila E Parafina. *Rsbo*. 20. 198-206. 10.21726/Rsbo.V20i1.2017.
- Araujo Agm, Feathers Jk, Arroyo-Kalin M, Tizuka Mm. 2008. Lapa Das Boleiras Rockshelter: Stratigraphy And Formation Processes At A Paleoamerican Site In Central Brazil. *Journal Of Archaeological Science* 35:3186-3202
- Araujo Agm, Feathers Jk. 2008. First Notice Of Open-Air Paleoamerican Sites At Lagoa Santa: Some Geomorphological And Paleoenvironmental Aspects, And Implications For Future Research. *Current Research In The Pleistocene* 25:27-29.
- Araujo, A., Neves, W., & Kipnis, R. (2012). Lagoa santa revisited: an overview of the chronology, subsistence, and material culture of paleoindian sites in eastern central brazil. *Latin American Antiquity*, 23(4), 533-550. <https://doi.org/10.7183/1045-6635.23.4.533>
- Auerbach, B. and Ruff, C. (2006). Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. *Journal of Human Evolution*, 50(2), 203-218. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2005.09.004>
- Auler, Augusto S.; Piló, Luis B. Lagoa Santa Karst: Cradle Of Brazilian Cave Studies. In: Vieira, Bianca Carvalho; Salgado, André Augusto Rodrigues; Santos, Leonardo José Cordeiro (Ed.). *Landscapes And Landforms Of Brazil*. Dordrecht: Springer, 2015. P. 183-190.
- Berghuis, H., Veldkamp, A., Adhityatama, S., Hilgen, S.L., Sutisna, I., Bariato, D.H., Pop, E., Reimann, T., Yurnaldi, D., Ekowati, D.R., Vonhof, H.B., van Kolfschoten, T., Simanjuntak, T., Schoorl, J.M., Joordens, J.C.A., 2021. Hominin homelands of East Java: Revised stratigraphy and landscape reconstructions for Plio-Pleistocene Trinil. *Quat. Sci. Rev.* 260, 106912.
- Bernardo, Danilo & Neves, Walter & Kipnis, Renato. (2017). The Origins Project And The First Americans' Controversy. 10.1007/978-3-319-57466-0\_9.
- Bocquet-Appel Jp. Paleanthropological Traces Of A Neolithic Demographic Transition. *Curr Anthropol*. 2002; 43 :637–650
- Bove, A. (2023). Mapping sexual dimorphism signal in the human cranium. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43007-y>

- Cadore, Brentano E Kruehl. 2005. Efeitos Da Atividade Física Na Densidade Mineral Óssea E Na Remodelação Do Tecido Ósseo. Artigos De Revisão. Rev Bras Med Esporte 11 (6) <https://doi.org/10.1590/s1517-86922005000600013>
- Cameron ME, Pfeiffer S. Long bone cross-sectional geometric properties of Later Stone Age foragers and herder–foragers. *S Afr J Sci.* 2014;110(9/10), Art. #2013-0369, 11 pages. <http://dx.doi.org/10.1590/sajs.2014/20130369>
- Campo, M. (2023). Ecogeography-related humerus morphological variation within southern patagonia hunter-gatherers. *American Journal of Biological Anthropology*, 181(4), 653-665. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24786>
- Castro Jr, A.F. Et Al. Embriologia E Histofisiologia Do Tecido Ósseo: Revisão De Literatura E Bases Histofisiológicas Das Principais Doenças Ósseas Metabólicas. *Boletim Do Centro De Biologia Da Reprodução*, V.27, N.1/2, P.27-32, 2008. Disponível Em: <<http://www.editoraufjf.com.br/revista/index.php/boletimcbr/article/viewfile/595/532>>.
- Carlson, K., Grine, F., & Pearson, O. (2007). Robusticity and sexual dimorphism in the postcranium of modern hunter-gatherers from australia. *American Journal of Physical Anthropology*, 134(1), 9-23. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20617>
- Chahud, A., Figueiredo, G., Mingatos, G., & Okumura, M. (2021). Taxonomic analysis of the quaternary archaeofauna found at the lapa do santo site, lagoa santa region, brazil. *Journal of Quaternary Science*, 36(7), 1268-1278. <https://doi.org/10.1002/jqs.3372>
- Claussen Bf. 1982. Chronic Hypertrophy Of The Ulna In The Professional Rodeo Cowboy. *Clinical Orthopaedics And Related Research* 164:45–47.
- Cohen Mn, Crane-Kramer G, Eds. 2007. *Ancient Health*. Gainesville: University Press Of Florida.
- Cordey, J. Introduction: Basic Concepts And Definitions In Mechanics. *Injury, International Journal Of The Care Of The Injured*, V.31, N.2, P.1-13, 2000. Disponível Em: <<Http://Www.Sciencedirect.Com/Science/Article/Pii/S002013830080039x>>
- Currey, J.D. The Mechanical Properties Of Bone. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, V.73, P.210-231, 1970
- Da-Gloria, Pedro; Neves, Walter Alves; Hubbe, Mark. História Das Pesquisas Bioarqueológicas Em Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, V. 12, N. 3, P. 919-936, Set.-Dez. 2017. Doi: <Http://Dx.Doi.Org/10.1590/1981.81222017000300014>

- Da-Gloria, P., & Bueno, L. (2018.). Biocultural Adaptation And Resilience In The Hunter-Gatherers Of Lagoa Santa, Central-Eastern Brazil. *Hunter-Gatherer Adaptation And Resilience*, 141–167. Doi:10.1017/9781316941256.007
- Da-Gloria, P., Hubbe, M., & Neves, W. A. (2018). Lagoa Santa's Contribution To The Origins And Life Of Early Americans. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, And Reviews*, 27(3), 121–133. Doi:10.1002/Evan.21587
- Da-Gloria, Pedro. Health and lifestyle in the Paleoamericans: early Holocene biocultural adaptation at Lagoa Santa, central Brazil. Tese (Doutorado em Antropologia), The Ohio State University, EUA. 2012.
- Da-Gloria, Pedro & Larsen, Clark. (2017). Subsisting At The Pleistocene/Holocene Boundary In The New World: A View From The Paleoamerican Mouths Of Central Brazil. *Paleoamerica A Journal Of Early Human Migration And Dispersal*. 3. 1-27. 10.1080/20555563.2016.1270697.
- Da-Gloria, Pedro & Oliveira, Rodrigo. (2016). History Of The Research Into Health And Lifestyle In Lagoa Santa. In: *Archaeological And Paleontological Research In Lagoa Santa*.10.1007/978-3-319-57466-0\_12.
- Da-Gloria, Pedro. (2021). Bioarqueologia Dos Primeiros Habitantes Do Brasil Central: Saúde E Estilo De Vida Na Região De Lagoa Santa, Minas Gerais. *Cadernos Do Lepaarq*, V. Xviii, N.35, P. 7-40, Jan-Jun. 2021.
- Da-Gloria, Pedro. Ocupação Inicial Das Américas Sob Uma Perspectiva Bioarqueológica. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, Belém, V. 14, N. 2, P. 429-457, Maio-Ago. 2019. Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1590/1981.81222019000200009](http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222019000200009)
- Dalmolin Et Al. 2013. Biomecânica Óssea E Ensaio Biomecânicos: Fundamentos Teóricos Clínica E Cirurgia. *Cienc. Rural* 43 (9) • Set 2013 [Https://Doi.Org/10.1590/S0103-84782013000900022](https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000900022)
- Dillehay TD. 1989. Monte Verde, a Late Pleistocene settlement in Chile. Vol. 1, Palaeoenvironment and Site Context. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Dillehay TD. 1997. Monte Verde, a Late Pleistocene settlement in Chile, Vol. 2. The Archaeological Context and Interpretation. Washington, DC: Smithsonian Institution Press
- Dillehay, T.D. (2020). Monte Verde, Archaeology of. In: Smith, C. (eds) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30018-0\\_993](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30018-0_993)
- Dolan, E. , Dumas, A. , Keane, K. M. , Bestetti, G. , Freitas, L. H. M. , Gualano, B. , Kohrt, W. M. , Kelley, G. A. , Pereira, R. M. R. , Sale, C. , & Swinton, P. A. (2022). The Bone Biomarker

Response To An Acute Bout Of Exercise: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 52, 2889–2908

Elias SA. 2002. Setting the stage: Environmental conditions in Beringia as people entered the New World. In: *The first Americans: The Pleistocene colonization of the NewWorld*. Jablonski NG, editor. San Francisco, California: Academy of Sciences. p. 9-25.

Erlandson JM, Rick TC, Braje TJ, Casperson M, Culleton B, *et al.* 2011. Paleoindian seafaring, maritime technologies, and coastal foraging on California's Channel Islands. *Science* 331:1181-1185

Eshed, V., Gopher, A., Galili, E., & Hershkovitz, I. (2003). Musculoskeletal stress markers in natufian hunter-gatherers and neolithic farmers in the levant: the upper limb. *American Journal of Physical Anthropology*, 123(4), 303-315. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10312>

Essel, R. G. Tecido Conjuntivo: Osso E Formação Óssea. In: *Histologia Médica Básica: A Biologia Das Células, Tecidos E Órgãos*. Trad. M.C. Engelhardt. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. Cap. 7, P. 129-45

Feathers, James & Kipnis, Renato & Piló, Luis & Arroyo-Kalin, Manuel & Coblenz, David. (2010). How Old Is Luzia? Luminescence Dating And Stratigraphic Integrity At Lapa Vermelha, Lagoa Santa, Brazil. *Geoarchaeology*. 25. 395 - 436. [10.1002/Gea.20316](https://doi.org/10.1002/Gea.20316).

Flores, Rodrigo Angeles. Venezia, Maria Ester. Araujo, Astolfo Gomes de Mello. Ceccantini, Gregorio (2023): Confirmation Of Starchy Plant Processing In Lagoa Santa By Paleoindian People: Results Of Microrremain And Use-Wear Analysis At Lapa Grande De Taquaraçu, Paleoamerica, Doi: [10.1080/20555563.2023.2174828](https://doi.org/10.1080/20555563.2023.2174828)

Gere, J.M. And Timoshenko, S.P. (1990) *Mechanics Of Materials*, 4th Edn. Pws Publishing, Boston.

González-José, R., Ramírez-Rozzi, F., Sardi, M., Martínez-Abadías, N., Hernández, M., & Pucciarelli, H. (2005). Functional-cranial approach to the influence of economic strategy on skull morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 128(4), 757-771. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20161>

Goodman Ah, Thomas Rb, Swedlund Ac, Armelagos Gj. 1988. Biocultural Perspectives On Stress In Prehistoric, Historical, And Contemporary Population Research. *Yearbook Of Physical Anthropology* 31:169-202

Gosman Jh, Stout Sd, Larsen Cs. 2011. Skeletal Biology Over The Life Span: A View From The Surfaces. *Yearbook Of Physical Anthropology* 54:86–98

- Guimarães, Nathalia Ribeiro Dias. Human Palaeohistology At Santana Do Riacho: First Insights Into Bone Adaptation Of The First Americans.2019. Dissertação De Mestrado.
- Guimaraes, Nathalia Ribeiro Dias; Miszkiewicz, Justyna. Padrões de mobilidade em grande abrigo de Santana do Riacho, Minas Gerais, Brasil: percepções de uma análise histomorfométrica de sepultamentos. **Revista de Arqueologia**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. 236–260, 2024. DOI: 10.24885/sab.v37i2.1147.
- Gurven, M., Jaeggi, A., Kaplan, H., & Cummings, D. (2013). Physical activity and modernization among bolivian amerindians. *Plos One*, 8(1), e55679. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055679>
- Guyton, A.C., Hall, J.E Tratado De Fisiologia Médica 14. Ed. Rj . Guanabara Koogan, 2021.
- Haas, R., Watson, J., Buonasera, T., Southon, J., Chen, J., Noe, S., ... & Parker, G. (2020). Female hunters of the early americas. *Science Advances*, 6(45). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd0310>
- Hamill J., Knutzen K. M., Derrick T.R. 2016. Bases Biomecânicas Do Movimento Humano. 4. ed. Editora Manole Saúde. 512 páginas.
- Holten, Birgitte; Sterll, Michael. Peter Lund E As Grutas Com Ossos Em Lagoa Santa. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2011
- Hrdlička A. 1932. The coming of man from Asia in light of recent discoveries. *Proceedings of the American Philosophical Society* 71:393-402.
- Hrdlička A. 1937. Early man in America: What have the bones to say? In: Early man as depicted by the leading authorities at the International Symposium at the Academy of Natural Sciences, Philadelphia. MacCurdy GG, editor. Philadelphia: JB.Lippincott. p. 93-104.
- Hubbe, Mark & Neves, Walter. (2017). The Repercussions Of The Human Skeletons From Lagoa Santa In The International Scenario. 10.1007/978-3-319-57466-0\_10.
- Huiskes, R.; Van Rietbergen, B. Biomechanics Of Bone. In: Mow, V.C. Huiskes, R. Basic Orthopaedic Biomechanics And Mechanobiology Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. Cap.4, P.123-180.
- Hurt Wr, Blasi O. 1969. O Projeto Arqueológico De “Lagoa Santa”, Minas Gerais, Brasil. *Arquivos Do Museu Paranaense*, Curitiba, 4:1-63
- Jantz LM, Owsley DW. 2005. Circumpacific populations and the peopling of the New World: Evidence from cranial morphometrics. In: *Paleoamerican origins: Beyond Clovis*. Bonnichsen R,

- Lepper BT, Stanford D, Waters MR, editors. College Station: Center for the Study of the First Americans, Texas A&M University. p. 267–275.
- Jantz RL, Owsley DW. 1997. Pathology, taphonomy, and cranial morphometrics of the Spirit Cave Mummy. *Nevada Historical Society Quarterly* 40:62-84
- Jones Hh, Priest Jd, Hayes Wc, Tehenor Cc, Nagel Da. 1977. Humeral Hypertrophy In Response To Exercise. *Journal Of Bone And Joint Surgery* 59-A:204–208
- Junqueira, L. C.; Carneiro, J. Tecido Ósseo. In: *Histologia Básica* 9 Ed. Rio De Janeiro: Guanabara-Koogan, 2017. Cap. 8, P. 111-28
- Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M Et Al. 1995. Effect Of Starting Age Of Physical Activity On Bone Mass In The Dominant Arm Of Tennis And Squash Players. *Annals Of Internal Medicine* 123:27–31.
- Katchburian, E.; Arana, V. Tecido Ósseo. In: *Histologia E Embriologia Oral*. São Paulo: Panamericana, 1999. Cap.3, P. 40-75
- Kelly Rl. 1995. *The Foraging Spectrum: Diversity In Hunter-Gatherer Lifeways*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Kelly, Robert L. *The lifeways of hunter-gatherers: The foraging spectrum*. 2ª edição, New York: Cambridge University Press, 2013.
- Kelly, Robert L., Todd, Lawrence. 1988. Coming Into The Country: Early Paleoindian Hunting And Mobility. *American Antiquity* V. 53, P. 231–244, 1988.
- King Jw, Brelsford Hj, Tullos Hs. 1969. Analysis Of The Pitching Arm Of The Professional Baseball Pitcher. *Clinical Orthopaedics* 67:116–123.
- Kretschmer, L. (2023). Patterns of physical activity in hunter-gatherer children compared with us and uk children.. <https://doi.org/10.1101/2023.11.29.569171>
- Krishan, K. (2011). Marked limb bilateral asymmetry in an agricultural endogamous population of north india. *American Journal of Human Biology*, 23(5), 674-685. <https://doi.org/10.1002/ajhb.21196>
- Laming-Emperaire A. 1979. Missions Archeologiques Franco-Bresiliennes De Lagoa Santa, Minas Gerais, Bresil: Le Grand Abri De Lagoa Vermelha (P.L.). *Revista De Pré-História*, São Paulo, 1(1):53-89.

- Larsen, C.S., Ruff, C.B., and Kelly, R.L. (1991) Skeletal structural adaptations in prehistoric Great Basin hunter-gatherers. *Am. Assn. Phys. Anthrop.*, Milwaukee.
- Larsen C.S. Biological Changes In Human Populations With Agriculture. *Annual Review Of Anthropology*. 1995; Vol. 24:185-213
- Larsen Cs, Hillson Sw, Ruff Cb, Sadvari Jw, Garofalo Em. 2013. The Human Remains Ii: Interpreting Lifestyle And Activity In Neolithic Çatalhöyük. In: Hodder I, Editor. *Humans And Landscapes Of Çatalhöyük*. Los Angeles, Ca: Cotsen Institute Of Archaeology Press; P. 397–412
- Larsen Cs. 1997. *Bioarchaeology: Interpreting Behavior From The Human Skeleton*. Cambridge: Cambridge University Press
- Larsen Cs. The Agricultural Revolution As Environmental Catastrophe: Implications For Health And Lifestyle In The Holocene. *Quat Int*. 2006; 150:12–20
- Larsen, Clark Spencer. *Bioarchaeology: Interpreting Behavior From The Human Skeleton*. 2nd Edição. Cambridge: Cambridge University Press, 2015
- Lester, M. E., Urso, M. L., Evans, R. K., Pierce, J. R., Spiering, B. A., Maresh, C. M., Hatfield, D. L., Kraemer, W. J., & Nindl, B. C. (2009). Influence Of Exercise Mode And Osteogenic Index On Bone Biomarker Responses During Short-Term Physical Training. *Bone*, 45, 768–776
- Lovejoy CO, Burstein AH, Heiple KG. The biomechanical analysis of bone strength: a method and its application to platycnemia. *Am J Phys Anthropol*. 1976 May;44(3):489-505. doi: 10.1002/ajpa.1330440312. PMID: 937526.
- Lund Pw. 1844. Notícia Sobre Ossadas Humanas Fósseis Achadas Numa Caverna Do Brasil. In: *Memórias Sobre A Paleontologia Brasileira*. Couto P, Editor. Instituto Nacional Do Livro, Rio De Janeiro.
- Lynch TF. 1990. Glacial-age man in South America? A critical review. *American Antiquity* 55:12–36.
- Macintosh, A., Pinhasi, R., & Stock, J. (2014). Divergence in male and female manipulative behaviors with the intensification of metallurgy in central europe. *Plos One*, 9(11), e112116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112116>
- Macintosh, A.A., Pinhasi, R. and Stock, J.T., 2017. Prehistoric women’s manual labor exceeded that of athletes through the first 5500 years of farming in Central Europe. *Science Advances*, 3(11), p.eaao3893

- Marchi, D. (2008). Relationships between lower limb cross-sectional geometry and mobility: the case of a neolithic sample from Italy. *American Journal of Physical Anthropology*, 137(2), 188-200. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20855>
- Markel, M.D. Et Al. Mechanical Properties Of Long Bones In Dogs. *American Journal Of Veterinary Research*, V.55, N.8, P.1178-83, 1994.
- Mazza, B. (2019). Postcranial morphological variation between hunter-gatherers and horticulturalists from the lower paraná river delta, Argentina. *American Journal of Physical Anthropology*, 170(2), 176-195. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23889>
- Morettin, P.A.; Bussab W.O. *Estatística Básica*. São Paulo: Editora Saraiva, 2023.
- Neves Wa, Araujo Agm, Ceccantini Gct, Bueno Lmr, Oliveira Pe, Kipnis R, Bernardo Dv, Et Al. 2008. *Origens E Microevolucao Do Homem Na America: Uma Abordagem Paleoantropologica Iii*. Unpublished Final Scientific Report
- Neves WA, Cornero S. 1997. What did South American paleoindians eat? *Current Research in the Pleistocene* 14:93-96.
- Neves Wa, Gonzalez-Jose R, Hubbe M, Kipnis R, Araujo Agm, Blasi O. 2004. Early Human Skeletal Remains From Cerca Grande, Lagoa Santa, Central Brazil, And The Origins Of The First Americans. *World Archaeology* 36:479-501.
- Neves Wa, Hubbe M, Araujo Agm. 2002. A Late-Paleoindian Secondary Ritual Burial From Lagoa Santa, Minas Gerais, Brazil. *Current Research In The Pleistocene* 19:83-85
- Neves Wa, Kipnis R, Araujo A, Pilo Lb, Et Al. 2004. *Origens E Microevolução Do Homem Na América: Uma Abordagem Paleoantropologica Ii*. Unpublished Final Scientific Report
- Neves, W. A., & Piló, L. B. (2008). *O Povo De Luzia: Em Busca Dos Primeiros Americanos*. São Paulo: Globo.
- Neves, W. and Hübbe, M. (2005). Cranial morphology of early Americans from Lagoa Santa, Brazil: implications for the settlement of the new world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(51), 18309-18314. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507185102>
- Neves, Walter & Hubbe, Mark & Bernardo, Danilo & Strauss, André & Araujo, Astolfo & Kipnis, Renato. (2013). Early Human Occupation of Lagoa Santa, Eastern Central Brazil: Craniometric Variation of the Initial Settlers of South America.

- Neves, Walter Alves; Powell, Joseph F.; Prous, André; Ozolins, Erik G.; Blum, Max. Lapa Vermelha Iv Hominid 1: Morphological Affinities Of The Earliest Known American. *Genetics And Molecular Biology*, São Paulo, V. 22, N. 4, P. 461-469, Dez. 1999. Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.1590/S1415-47571999000400001](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47571999000400001)
- Nichols J. 2002. The first American languages. In: *The first Americans: The Pleistocene colonization of the New World*. Jablonski NG, editor. San Francisco, California: Academy of Sciences. p. 273-294.
- Ogilvie, M. and Hilton, C. (2010). Cross-sectional geometry in the humeri of foragers and farmers from the prehispanic american southwest: exploring patterns in the sexual division of labor. *American Journal of Physical Anthropology*, 144(1), 11-21. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21362>
- Ojiambo, R., Gibson, A., Konstabel, K., Lieberman, D., Speakman, J., Reilly, J., ... & Pitsiladis, Y. (2013). Free-living physical activity and energy expenditure of rural children and adolescents in the nandi region of kenya. *Annals of Human Biology*, 40(4), 318-323. <https://doi.org/10.3109/03014460.2013.775344>
- Padberg-Drenkpol Jh. 1926. Relatório De Duas Excursões À Região Calcárea De Lagoa Santa Em 1926. Unpublished Report. Museu Nacional Do Rio De Janeiro, Brazil.
- Pontzer, H., Raichlen, D., Wood, B., Mabulla, A., Racette, S., & Marlowe, F. (2012). Hunter-gatherer energetics and human obesity. *Plos One*, 7(7), e40503. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040503>
- Pontzer, H., Wood, B., & Raichlen, D. (2018). Hunter-gatherers as models in public health. *Obesity Reviews*, 19(S1), 24-35. <https://doi.org/10.1111/obr.12785>
- Prous A, Ed. 1992/1993. Santana Do Riacho - Tomo Ii. Arquivos Do Museu De História Natural Da Universidade Federal De Minas Gerais 13/14.
- Prous A, Malta Im, Eds. 1991. Santana Do Riacho - Tomo I. Arquivos Do Museu De História Natural Da Universidade Federal De Minas Gerais 12.
- Raczka, M., Bush, M., & Oliveira, P. (2017). The collapse of megafaunal populations in southeastern brazil. *Quaternary Research*, 89(1), 103-118. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.60>
- Reyman, Jonathan. (1993). Alfred Vincent Kidder and the Development of Americanist Archaeology, by Douglas R. Givens, University of New Mexico Press, Albuquerque, 1992. *Bulletin of the History of Archaeology*. 3. 24. 10.5334/bha.03112.
- Rizal, Y., Westaway, K.E., Zaim, Y., van den Bergh, G.D., Bettis, E.A., Morwood, M.J., Huffman, O.F., Grun, R., Joannes-Boyau, R., Bailey, R.M., Sidarto, Westaway, M.C., Kurniawan, I., Moore,

M.W., Storey, M., Aziz, F., Suminto, Zhao, J.X., Aswan, Sipola, M.E., Larick, R., Zonneveld, J.P., Scott, R., Putt, S., Ciochon, R.L., 2020. Last appearance of *Homo erectus* at Ngandong, Java, 117,000-108,000 years ago. *Nature* 577, 381 e 385.

Roosevelt AC, Douglas J, and Brown L. 2002. The migrations and adaptations of the first Americans: Clovis and pre-Clovis viewed from South America. In: *The first Americans: The Pleistocene colonization of the New World*. Jablonski NG, editor. San Francisco, California: Academy of Sciences. p. 159-235.

Ruff, C.B. (1991) Climate and body shape in early hominids. *J. Human Evol.*, 20: 81-105

Ruff, C.B. (1999) Skeletal structure and behavioral patterns of prehistoric Great Basin populations. In: *Understanding Prehistoric Lifeways in the Great Basin Wetlands: Bioarchaeological Reconstruction and Interpretation*. Hemphill, B.E. and Larsen, C.S., eds. Salt Lake City: Univ. Utah Press, pp. 290-320

Ruff, C.B. (2000) Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *J. Hum. Evol.* 38: 269-290

Ruff, C.B. and Larsen, C.S. (1990) Postcranial biomechanical adaptations to subsistence changes on the Georgia coast. *Anth. Pap. Am. Mus. Nat. Hist.*, 68: 94-120

Ruff Cb, Holt B, Niskanen M, Sladek V, Berner M, Garofalo E, Garvin Hm, Hora M, Junno Ja, Schuplerova E, Vilkama R, Whitley E. Gradual Decline In Mobility With The Adoption Of Food Production In Europe. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Jun 9;112(23):7147-52. Doi: 10.1073/Pnas.1502932112.

Ruff Cb, Holt Bm, Trinkaus E. 2006. Who's Afraid Of The Big Bad Wolff?: "Wolff's Law" And Bone Functional Adaptation. *American Journal Of Physical Anthropology* 129:484-498

Ruff Cb. 2006. Environmental Influences On Skeletal Morphology. In: Ubelaker Dh, Editor. *Handbook Of North American Indians: Environment, Origins, And Population*. Washington, Dc: Smithsonian Institution Press; P. 685-693

Ruff Cb. 2008. Biomechanical Analyses Of Archaeological Human Skeletons. In: Katzenberg Ma, Saunders Sr, Editors. *Biological Anthropology Of The Human Skeleton, Second Edition*. Hoboken, Nj: Wiley-Liss; P. 183-206

Ruff Cb. 2010a. Bioarchaeology And Population History Of Asia. *American Journal Of Physical Anthropology*. [www.wiley.com/bw/wileyvi.asp?ref=0002-9483&site=1](http://www.wiley.com/bw/wileyvi.asp?ref=0002-9483&site=1).

- Ruff Cb. 2010b. Structural Analysis Of Postcranial Skeletal Remains. In: Morgan Me, Editor. Pecos Pueblo Revisited: The Biological And Social Context. Cambridge, Ma: Papers Of The Peabody Museum Of Archaeology And Ethnology, Harvard University, 85; P. 93–108.
- Ruff, C.B. (2017) Quantifying Skeletal Robusticity. In: Skeletal Variation And Adaptation In Europeans: Upper Paleolithic To The Twentieth Century. First Edition. Edited By Christopher B. Ruff. John Wiley & Sons, Inc. Published 2018 By John Wiley & Sons.
- Ruff, C.B. (ed.) (2018) Skeletal variation and adaptation in Europeans: Upper Paleolithic to the Twentieth Century. Hoboken: Wiley Blackwell.
- Ruff, C.B., Hayes, W.C., 1983. Cross-Sectional Geometry Of Pecos Pueblo Femora And Tibiae - A Biomechanical Investigation. I. Method And General Patterns Of Variation. *Am. J. Phys. Anthropol.* 60, 359 e 381.
- Ruff, C. B., Larsen, C. S., & Hayes, W. C. (1984). Structural changes in the femur with the transition to agriculture on the georgia coast. *American Journal of Physical Anthropology*, 64(2), 125-136. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330640205>
- Ruff, C.B. (2019) The evolution of human body size and shape. *Am. Assoc. Phys. Anthropol.*, Cleveland, March
- Christopher B. Ruff, Adam D. Sylvester, Neni T. Rahmawati, Rusyad A. Suriyanto, Paul Storm, Maxime Aubert, Renaud Joannes-Boyau, Harold Berghuis, Eduard Pop, K. Joost Batenburg, Sophia B. Coban, Alex Kostenko, Sofwan Noerwidi, Willem Renema, Shinatria Adhityatama, Josephine C. Joordens, 2022. Two Late Pleistocene human femora from Trinil, Indonesia: Implications for body size and behavior in Southeast Asia, *Journal of Human Evolution*, Volume 172, 103252, ISSN 0047-2484, <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2022.103252>.
- Ruff, Christopher & Wood, Bernard. (2023). The Estimation And Evolution Of Hominin Body Mass. *Evolutionary Anthropology*. 32. 10.1002/Evan.21988.
- Ruff, C. B., Wallace, I. J., Toya, C., Muñoz, M. A. P., Meyer, J. V., Busby, T., ... & Rios, R. (2024). The effects of the industrial transition on lower limb bone structure: a comparison of the inhabitants of pecos pueblo and present-day indigenous peoples of new mexico. *American Journal of Biological Anthropology*, 184(3). <https://doi.org/10.1002/ajpa.24922>
- Schwarz, P.D. Biomecânica Das Fraturas Do Esqueleto Apendicular: Causas E Avaliação. In: Bojrab, M.J. Mecanismos Da Moléstia Na Cirurgia Dos Pequenos Animais 2.Ed. São Paulo: Manole, 1996. Cap.136, P.1161-1181.

- Sikdar, A. (2023). A comparative study of robusticity indices of long bones among hunter-gatherers and early agro-pastoral groups of india. *American Journal of Biological Anthropology*, 182(1), 93-108. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24793>
- Simkin A, Leichter I, Swissa A, Samueloff S. 1989. The Effect Of Swimming Activity On Bone Architecture In Growing Rats. *Journal Of Biomechanics* 22:845–851.
- Sládek, V., Ruff, C., Berner, M., Holt, B., Niskanen, M., Schuplerová, E., ... & Hora, M. (2016). The impact of subsistence changes on humeral bilateral asymmetry in terminal pleistocene and holocene europe. *Journal of Human Evolution*, 92, 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.12.001>
- Souza Sm. 1992/1993. Paleopatologia Humana De Santana Do Riacho. *Arquivos Do Museu De História Natural Da Universidade Federal De Minas Gerais* 13/14:129-160
- Souza, R.A. Et Al. Propriedades Mecânicas Do Tecido Ósseo E Risco De Fraturas. In: Encontro Latino-Americano De Iniciação Científica, 9.; Encontro Latino-Americano De Pós-Graduação, 5., São José Dos Campos-Sp. Anais... São José Dos Campos: Universidade Do Vale Do Paraíba, 2009. 3p.
- Sparacello, V., d'Ercole, V., & Coppa, A. (2014). A bioarchaeological approach to the reconstruction of changes in military organization among iron age samnites (vestini) from abruzzo, central italy. *American Journal of Physical Anthropology*, 156(3), 305-316. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22650>
- Steckel, R. H. (2005). Health and nutrition in pre-columbian america: the skeletal evidence. *The Journal of Interdisciplinary History*, 36(1), 1-32. <https://doi.org/10.1162/0022195054026310>
- Steele DG, Powell JF. 1999. Peopling of the Americas: a historical and comparative perspective. In: Who were the first Americans? Bonnicksen R, editor. Corvallis, OR: Peopling of the Americas Publication. p. 91-120.
- Stock, J. and Pfeiffer, S. (2001). Linking structural variability in long bone diaphyses to habitual behaviors: foragers from the southern african later stone age and the andaman islands. *American Journal of Physical Anthropology*, 115(4), 337-348. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1090>
- Stock, J. (2006). Hunter-gatherer postcranial robusticity relative to patterns of mobility, climatic adaptation, and selection for tissue economy. *American Journal of Physical Anthropology*, 131(2), 194-204. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20398>
- Strauss Am. 2010. As Práticas Mortuárias Dos Caçadores-Coletores Pré-Históricos Da Região De Lagoa Santa (Mg): Um Estudo De Caso Do Sítio Arqueológico “Lapa Do Santo”. Unpublished Master Thesis. Universidade De Sao Paulo, Brasil

- Strauss, A., Oliveira, R., Bernardo, D., Salazar-García, D., Talamo, S., Jaouen, K., & Neves, W. (2015). The oldest case of decapitation in the new world (Lapa do Santo, east-central Brazil). *Plos One*, 10(9), e0137456. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137456>
- Strauss, A., Oliveira, R., Villagran, X., Bernardo, D., Salazar-García, D., Bissaro, M., & Neves, W. (2016). Early holocene ritual complexity in south America: the archaeological record of Lapa do Santo (east-central Brazil). *Antiquity*, 90(354), 1454-1473. <https://doi.org/10.15184/aqy.2016.220>
- Zúñiga Thayer, Rodrigo & Suby, Jorge & Luna, Leandro & Flensburg, Gustavo. (2021). Osteochondritis dissecans and physical activity in skeletal remains of ancient hunter-gatherers from Southern Patagonia. *International Journal of Osteoarchaeology*. 31. 77-87.
- Temple, D., Rosa, E., Hunt, D., & Ruff, C. (2021). Adapting in the arctic: habitual activity and landscape interaction in late holocene hunter-gatherers from Alaska. *American Journal of Physical Anthropology*, 176(1), 3-20. <https://doi.org/10.1002/ajpa.24250>
- Trinkaus, E., Ruff, C.B. 1999. Diaphyseal Cross-Sectional Geometry Of Near Eastern Middle Palaeolithic Humans: The Femur. *Journal Of Archaeological Science*, Volume 26, Issue 4, 1999, Pages 409-424, Issn 0305-4403, <https://doi.org/10.1006/jasc.1998.0343>.
- Villagran, X. S., Strauss, A., Miller, C., Ligouis, B., & Oliveira, R. (2017). Buried In Ashes: Site Formation Processes At Lapa Do Santo Rockshelter, East-Central Brazil. *Journal Of Archaeological Science*, 77, 10–34. [Doi:10.1016/j.jas.2016.07.008](https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.07.008)
- Waguespack, N. (2005). The organization of male and female labor in foraging societies: implications for early paleoindian archaeology. *American Anthropologist*, 107(4), 666-676. <https://doi.org/10.1525/aa.2005.107.4.666>
- Walter Hv. 1958. *Arqueologia Da Região De Lagoa Santa, Minas Gerais: Índios Pré-Colombianos Dos Abrigos-Rochedos*. Rio De Janeiro: Sedogra
- Waters MR, Forman SL, Jennings TA, Nordt LC, Driese SG, *et al.* 2011. The Buttermilk Creek Complex and the origins of Clovis at the Debra L. Friedkin site, Texas. *Science* 331:1599-1603.
- Weiss, E. (2009). Sex differences in humeral bilateral asymmetry in two hunter-gatherer populations: California Amerinds and British Columbian Amerinds. *American Journal of Physical Anthropology*, 140(1), 19-24. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21025>
- Weiss, Elizabeth, Jurmain, Robert. Osteoarthritis Revisited: A Contemporary Review Of Aetiology. *International Journal Of Osteoarchaeology*, V. 17, P. 437–450, 2007.
- Wong AI, Meals CG, Ruff CB. Computed Tomographic Analysis Of The Internal Structure Of The Metacarpals And Its Implications For Hand Use, Pathology, And Surgical Intervention. *Anat Sci*

Int. 2018 Mar;93(2):231-237. Doi: 10.1007/S12565-017-0400-3. Epub 2017 Mar 24. Pmid: 28341969

Wood, B., Harris, J., Raichlen, D., Pontzer, H., Sayre, M., Sancilio, A., ... & Jones, J. (2021). Gendered movement ecology and landscape use in hadza hunter-gatherers. *Nature Human Behaviour*, 5(4), 436-446. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-01002-7>

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1

A tabela abaixo apresenta os dados referentes às amostras que compuseram o grupo Lagoa Santa. O diâmetro da cabeça do fêmur foi utilizado para o cálculo de massa corporal, quando presente.

**Tabela 27:** Dados base das amostras femorais de Lagoa Santa.

Indivíduo	Coleção	Sexo	Lado	Idade	Diâmetro da Cabeça do Fêmur (mm)	Comprimento (mm)	Massa corporal (kg)
FE-Sep II	Lapa do Santo	F	Esquerdo	20-25	-	410	-
FE-Sep V	Lapa do Santo	F	Esquerdo	45-60	-	419	-
FE-SR1 XII	Santana do Riacho	F	Esquerdo	25-30	-	422	-
HW-297	Harold Walter	F	Esquerdo	Adulto	-	425	-
FD-Sep II	Lapa do Santo	F	Direito	20-25	-	467	-
FD-Sep V	Lapa do Santo	F	Direito	45-60	-	444	-
FD-SR1 IX	Santana do Riacho	F	Direito	50+	-	419	-
HW-542	Harold Walter	F	Direito	Adulto	-	464	-
HW-603	Harold Walter	F	Direito	Adulto	-	464	-
FE-Sep I	Lapa do Santo	M	Esquerdo	35-40	42,02	425	56,35
FE- Sep XI	Lapa do Santo	M	Esquerdo	20-25	-	445	-
FE-Sep XV	Lapa do Santo	M	Esquerdo	35-45	43,1	426	58,79
FE- Sep XXI	Lapa do Santo	M	Esquerdo	40-50	43,5	383	59,7
FE-Sep XXII	Lapa do Santo	M	Esquerdo	30-40	-	455	-
FE-SR1 II	Santana do Riacho	M	Esquerdo	20-25	-	424	-
HW-298	Harold Walter	M	Esquerdo	Adulto	-	410	-
HW-299	Harold Walter	M	Esquerdo	Adulto	-	420	-
HW-545	Harold Walter	M	Esquerdo	Adulto	43,93	388	60,67
FD-Sep I	Lapa do Santo	M	Direito	35-40	-	372	-
FD-Sep XI	Lapa do Santo	M	Direito	20-25	-	455	-
FD-Sep XV	Lapa do Santo	M	Direito	35-45	-	478	-
FD-Sep XXI	Lapa do Santo	M	Direito	40-50	-	453	-
FD-Sep XXII	Lapa do Santo	M	Direito	30-40	-	472	-
FD-SR1 VIIIA	Santana do Riacho	M	Direito	30-45	-	388	-
HW-302	Harold Walter	M	Direito	Adulto	-	410	-
HW-532	Harold Walter	M	Direito	Adulto	-	453	-
HW-541	Harold Walter	M	Direito	Adulto	44,14	387	61,14

FE-SR1 XXVII	Santana do Riacho	NI	Esquerdo	Adulto	40,62	449	53,18
HW-300	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	464	-
HW-301	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	412	-
HW-307	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	43,5	380	59,7
HW-310	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	43,7	456	60,15
HW-311	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	45,04	459	63,18
HW-314	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	400	-
HW-316	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	429	-
HW-317	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	462	-
HW- 318	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	46,13	435	65,65
HW-319	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	42,93	434	58,41
HW-539	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	375	-
HW-543	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	400	-
HW-600	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	-	463	-
FD-SR1 XVIII	Santana do Riacho	NI	Direito	Adulto	-	464	-
HW-306	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	46,21	409	65,83
HW-313	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	-	413	-
HW-315	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	-	395	-
HW- 529	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	-	435	-
HW-534	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	-	460	-
HW-535	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	-	446	-
HW-537	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	46,4	469	66,26
HW-538	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	40,55	386	53,02
HW-540	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	43,7	414	60,15
HW-601	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	43,7	427	60,15

A tabela a seguir apresenta os dados referentes às amostras de úmero. O diâmetro vertical da cabeça do úmero e a largura do epicôndilo foram utilizados para cálculo de massa corporal segundo as fórmulas descritas em Ruff e Wood (2023). No caso de um mesmo osso possuir as duas medidas, deu-se preferência à massa corporal obtida com a primeira medida.

**Tabela 28:** Dados base das amostras umerais de Lagoa Santa.

Indivíduo	Coleção	Sexo	Lado	Idade	Diâmetro Vertical da Cabeça do Úmero (mm)	Largura do Epicôndilo	Comprimento (mm)	Massa corporal (HDML)	Massa corporal (HHSI)
UE-Sep V	Lapa do Santo	F	Esquerdo	45-60	42,67	-	278	63,03	-
UE-SR1VA	Santana do Riacho	F	Esquerdo	15-25	45,49	-	277	69,02	-
HW-800	Harold Walter	F	Esquerdo	Adulto	37,09	49,29	279	51,18	73,38
HW-801	Harold Walter	F	Esquerdo	Adulto	37,23	46,45	266	51,48	67,51
HW-803	Harold Walter	F	Esquerdo	Adulto	38,39	51,33	287	53,94	77,6
HW-806	Harold Walter	F	Esquerdo	Adulto	42,67	50,42	277	63,03	75,72
HW-815	Harold Walter	F	Esquerdo	Adulto	42,67	61,63	326	63,03	98,89
UE-Sep I	Lapa do Santo	M	Esquerdo	35-40	43,21	-	302	64,18	-
UE-Sep XII	Lapa do Santo	M	Esquerdo	20-25	41,92	-	302	61,44	-
UE-Sep XIV	Lapa do Santo	M	Esquerdo	35-45	42,67	-	304	63,03	-
UE-Sep XXI	Lapa do Santo	M	Esquerdo	40-50	42,67	54,7	285	63,03	84,56
UE-Sep XXII	Lapa do Santo	M	Esquerdo	30-40	42,67	-	302	63,03	-
UE-SR1 II	Santana do Riacho	M	Esquerdo	20-25	43,93	57,74	329	65,71	90,85
HW-797	Harold Walter	M	Esquerdo	Adulto	45,61	62,15	327	69,28	99,96
HW-818	Harold Walter	M	Esquerdo	Adulto	57	-	319	93,47	-

HW-2522	Harold Walter	M	Esquerdo	Adulto	40,57	53,88	302	58,57	82,87
HW-802	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	42,67	-	296	63,03	-
HW-805	Harold Walter	NI	Esquerdo	15-25	42,67	-	288	63,03	-
HW-808	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	42,67	-	294	63,03	-
HW- 812	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	42,67	-	334	63,03	-
HW-814	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	42,67	-	309	63,03	-
HW-2524	Harold Walter	NI	Esquerdo	Adulto	42,67	-	292	63,03	-
UD-Sep V	Lapa do Santo	F	Direito	45-60	42,67	50,61	288	63,03	76,11
UD-SR1VA	Santana do Riacho	F	Direito	15-25	42,67	45,46	279	63,03	65,47
HW-798	Harold Walter	F	Direito	Adulto	46,26	-	318	70,66	-
HW-799	Harold Walter	F	Direito	Adulto	37,87	55,05	296	52,84	85,29
HW-804	Harold Walter	F	Direito	Adulto	42,67	61,78	313	63,03	99,2
HW-810	Harold Walter	F	Direito	Adulto	42,67	54,56	306	63,03	84,28
HW-813	Harold Walter	F	Direito	Adulto	42,67	61,23	317	63,03	98,06
HW- 816	Harold Walter	F	Direito	Adulto	42,67	60,38	310	63,03	96,31
HW-2521	Harold Walter	F	Direito	Adulto	37,06	50,06	271	51,12	74,97
HW-2529	Harold Walter	F	Direito	Adulto	42,67	48,7	266	63,03	72,16
UD-Sep I	Lapa do Santo	M	Direito	35-40	42,51	-	302	62,69	-
UD-Sep XI	Lapa do Santo	M	Direito	20-25	43,11	-	336	63,97	-
UD-Sep XV	Lapa do Santo	M	Direito	35-45	42,67	56,54	302	63,03	88,37
UD-Sep XXI	Lapa do Santo	M	Direito	40-50	41,71	54,91	285	60,99	85
UD-Sep XXII	Lapa do Santo	M	Direito	30-40	42,67	-	318	63,03	-

UD-SR1 VIII C	Santana do Riacho	M	Direito	Adulto	44,02	57,36	321	65,9	90,06
UD-Sep I B.	Boleiras	M	Direito	Adulto	42,67	-	280	63,03	-
HW-796	Harold Walter	M	Direito	Adulto	45,05	58,63	327	68,09	92,69
HW- 123	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	42,67	-	314	63,03	-
HW-820	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	42,67	-	320	63,03	-
HW-882	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	42,67	-	298	63,03	-
HW-2525	Harold Walter	NI	Direito	Adulto	42,67	-	310	63,03	-

## ANEXO 2

Tabela 29: Medidas anteroposteriores e mediolaterais dos fêmures incluídos na amostra de Lagoa Santa.

Sítio	Indivíduo	Idade	Anteroposterior		Mediolateral	
			Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito
Harold Walter	HW-300	Adulto	22.7	-	22.7	-
	HW-306	Adulto	-	26.53	-	28.55
	HW-316	Adulto	27.96	-	24.23	-
	HW-319	Adulto	27.05	-	25.08	-
	HW-314	Adulto	27.35	-	26.05	-
	HW-313	Adulto	-	26.99	-	27
	HW-310	Adulto	27.64	-	27.16	-
	HW-311	Adulto	29.61	-	25.19	-
	HW-317	Adulto	29.6	-	24.04	-
	HW-315	Adulto	-	30.22	-	23.23
	HW-301	Adulto	29.57	-	23.13	-
	HW-307	Adulto	22.7	-	20.26	-
	HW-297	Adulto	31.04	-	23.11	-
	HW-298	Adulto	-	-	25.55	-
	HW-299	Adulto	26.76	-	22.9	-
	HW-302	Adulto	-	28.75	-	22.92
	HW-543	Adulto	25.87	-	23.65	-
	HW-540	Adulto	-	27.01	-	24.38
	HW-539	Adulto	24.48	-	23.14	-
	HW-542	Adulto	-	23.47	-	21.73
	HW-534	Adulto	-	21.54	-	20.39
	HW-535	Adulto	-	26.65	-	24.38
	HW-532	Adulto	-	28.34	-	25.55
	HW-537	Adulto	-	25.39	-	22.31
	HW-541	Adulto	-	26.58	-	23.92
	HW-603	Adulto	-	24.63	-	22.25
	HW-601	Adulto	-	22.77	-	23.97
	HW-545	Adulto	25.67	-	25.8	-
Lapa do Santo	St-SepII	20-25	21.69	21.89	18.78	19.47

	St-SepI	35-50	28.14	27.83	26.08	24.41
	St-SepV	45-60	22.94	23.5	23.02	23.41
	St-SepXI	20-25	27.41	26.53	24.12	24.08
	St-SepXV	35-45	27.03	27.75	23.65	24.54
	St-SepXXI	40-50	27.17	28.54	23.36	23.57
<b>Santana do Riacho</b>	SR1-SepII	35-50	30.93	-	23.79	-
	SR1-SepIX	50+	-	21.17	-	20.6
	SR1-SepVIII A	30-45	-	26.66	-	21.24
	SR1-SepXII	25-30	22.57	-	21.11	-
	SR1-SepXVIII	Adulto	-	27.19	-	24.04
	SR1-SepXXVII	-	26.46	-	22.21	-

Tabela 30: Medidas anteroposteriores e mediolaterais dos úmeros incluídos na amostra de Lagoa Santa

Sítio	Indivíduo	Idade	Anteroposterior		Mediolateral	
			Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito
<b>Boleiras 2</b>	B12-SepI	20-25	-	20.5	-	15.44
	HW-810	Adulto	-	-	-	-
	HW-818	Adulto	-	-	-	-
	HW-806	Adulto	16.93	-	13.34	-
	HW-800	15-25	15.54	-	14.56	-
	HW-796	Adulto	-	20.99	-	18.7
	HW-805	Adulto	19.55	-	17.15	-
	HW-801	Adulto	16.2	-	15.44	-
<b>Harold Walter</b>	HW-813	Adulto	-	22.2	-	17.83
	HW-803	Adulto	18.51	-	17.41	-
	HW-797	Adulto	20.14	-	20.31	-
	HW-815	Adulto	-	17.8	-	19.64
	HW-814	Adulto	18.87	-	16.68	-
	HW-816	Adulto	-	-	-	-
	HW-802	Adulto	24.48	-	21.4	-
	HW-808	Adulto	16.4	-	12.45	-
	HW-798	Adulto	-	22.03	-	20.91

	HW-799	Adulto	-	20.11	-	18.42
	HW-804	Adulto	-	25.04	-	24.54
	HW-2522	Adulto	16.32	-	17.66	-
	HW-2529	Adulto	-	-	-	-
	HW-2521	Adulto	-	17.31	-	13.91
<b>Lapa do Santo</b>	St-SepI	35-50	18.85	20.7	17.32	17.51
	St-SepV	45-60	17.3	17.59	15.33	16.08
	St-SepXI	20-25	18.67	-	19.65	-
	St-SepXV	35-45	-	19.58	-	19
	St-SepXXI	40-50	19.76	20.75	18.33	17.85
<b>Santana do Riacho</b>	SR1-SepII	35-50	20.3	-	18.65	-
	SR1-SepVA	15-25	16.56	16.54	14.66	14.09
	SR1-SepVIIC	Adulto	-	21.82	-	21.86