

# MICROARQUITETURA DO TECIDO ÓSSEO E SUA IMPORTÂNCIA PARA ESTIMATIVA DO INTERVALO *POST-MORTEM* NO CONTEXTO FORENSE

Palavras-Chave: INTERVALO POST-MORTEM, OSSO, ANTROPOLOGIA FORENSE

Autores/as:

DANIELLY SOUZA CAMARGO, FOP, UNICAMP

ANA KAROLINA DE BRITO ALMEIDA, FOP, UNICAMP

NICOLAS SAMUEL DA SILVA SANTOS, FOP, UNICAMP

JULIA MURAMOTO DOS SANTOS, FOP, UNICAMP

CARLOS EDUARDO DOS SANTOS GUEDES, FOP, UNICAMP

CAMILA CARRILLO FURLAN, FOP, UNICAMP

ALEXANDRE RODRIGUES FREIRE, FOP, UNICAMP

Prof.<sup>(a)</sup> Dr.<sup>(a)</sup> ANA CLÁUDIA ROSSI (orientadora), FOP, UNICAMP

## INTRODUÇÃO:

Nos diferentes tipos de causas de mortes (homicídio, suicídio, desastres em massa, entre outros), as ciências forenses têm um papel muito relevante na diminuição dos números de morte violenta com causa indeterminada. Designadamente a antropologia forense e a aplicação de técnicas especiais de identificação e determinação da causa e circunstâncias da morte.

Sabe-se que, após a morte, as propriedades mecânicas e as características de fratura do osso mudam, devido à perda de água e à degradação da matriz orgânica, especialmente do colágeno (Martins et al., 2015; Wescott, 2019). Essas alterações na composição do osso e, conseqüentemente em suas propriedades mecânicas, fazem com que o

osso se comporte de maneira mais frágil às forças externas após a morte (Martins et al., 2015). Porém, as características morfológicas do osso não são alteradas após a morte, a menos que os processos tafonômicos as alterem como, por exemplo, erosão da superfície (Wescott, 2019).

Martins et al. (2015) denominaram este tipo de estudo de “necromecânica”, ou seja, refere-se ao estudo para caracterização da mudança das propriedades mecânicas dos tecidos biológicos com o tempo decorrido desde o fenômeno da morte, o intervalo *post-mortem*. A perda de água e a degradação do colágeno do tecido ósseo pode demandar um período significativo *post-mortem* para que as características do osso possam ser usadas como base para estimar com precisão o momento do evento de uma fratura, por exemplo

(Wescott, 2019). Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar o módulo de elasticidade dependente do tempo de ossos durante períodos *post-mortem* usando modelo animal por meio de suas características mecânicas a fim de aplicar em contextos forense.

## **METODOLOGIA:**

Foram utilizados 48 ratos machos (*Rattus norvegicus albinus*), linhagem Wistar, com 3 meses e meio de idade (200-250g), provenientes da FOA/UNESP que em vida foram mantidos no Biotério em gaiolas coletivas (quatro animais/caixa), com temperatura em  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , ciclo de luz controlado (12/12 h) e acesso livre à água e ração (Protocolo de aprovação CEUA – UNICAMP e UNESP: nº 0549-2021).

A eutanásia dos ratos foi realizada no mesmo período ao completarem a idade de 3 meses e meio de idade (200-250g) por sobredosagem da associação de anestésicos (225-300mg/ kg + 30 de Cloridrato de Cetamina + Xilazina) via intraperitoneal. A coxa direita foi desarticulada do corpo para ser utilizada nos experimentos *in vitro*.

Imediatamente após as eutanásias, 48 ratos tiveram sua coxa direita removida por dissecação com instrumentais apropriados. 24 coxas direitas compuseram o grupo que foi submetido à simulação de uma condição de enterramento e 24 coxas direitas compuseram o grupo que foi submetido à simulação de uma condição de exposição ao ambiente (superfície da terra). Ambos os recipientes foram colocados em um Laboratório que possui 100% de umidade e  $25^\circ\text{C}$  de temperatura.

Após esta distribuição nos grupos, o tempo foi contado em ambiente controlado. Para o grupo enterramento, um recipiente de vidro foi desenvolvido e terra orgânica vermelha foi adicionada. Os fêmures então foram distribuídos nos seguintes grupos:

- 24h de enterramento (n=8);
- 1 semana de enterramento (n=8);
- 1 mês de enterramento (n=8);
- 24h de exposição ao ambiente (superfície) (n=8);
- 1 semana de exposição ao ambiente (superfície) (n=8);
- 1 mês de exposição ao ambiente (superfície) (n=8).

Os testes mecânicos foram realizados de acordo com tempo de enterramento ou exposição ao ambiente (superfície) das amostras. Para tanto, os fêmures foram removidos dos recipientes e limpos em água corrente para serem submetidos aos testes mecânicos.

Todos os fêmures foram submetidos aos testes mecânicos (compressão) no equipamento de teste mecânico Máquina universal de ensaios - mBio1 - 200 N – portátil, acoplada à uma Workstation Dell Precision 3660.

As amostras foram posicionadas com as epífises (proximal e distal) voltadas para a célula de carga do equipamento. A célula de carga foi acionada de maneira axial ao osso e os dados estimados do módulo de elasticidade de cada amostra óssea foram coletados em software específico da máquina.

Após coleta dos dados, eles foram tabelados no pacote Microsoft Office Excel (© Microsoft 2021). A análise estatística foi realizada no software GraphPAD Prism v.10

(San Diego, CA, EUA). Foi considerado um nível de significância de 5%. Os dados descritivos foram apresentados por meio de média, desvio-padrão e mediana e intervalo interquartil. Comparando os grupos experimentais com o controle (24h) inicialmente foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e, como para todas as análises os dados foram normais, foi utilizado o teste One-way ANOVA não-pareado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Todos os parâmetros foram considerados normais no teste de Shapiro-Wilk ( $\alpha=0,05$ ). O módulo de elasticidade dos ossos avaliados na condição de superfície da terra apresentou diferença significativa ao longo dos períodos analisados (Figura 1). Aos 24h, observou-se um valor médio elevado (~32.000 MPa), que reduziu significativamente após 1 semana (~19.000 MPa;  $***p < 0,001$ ). No entanto, após 1 mês, os valores voltaram a se aproximar dos níveis iniciais (~30.000 MPa), sem diferença estatística significativa em relação aos 24h (ns). O módulo de elasticidade na condição de enterramento apresentou redução significativa entre 24h (~32.000 MPa) e 1 semana (~21.000 MPa;  $**p < 0,01$ ). Aos 30 dias, o valor aumentou (~30.000 MPa), não sendo estatisticamente diferente dos demais grupos (ns).

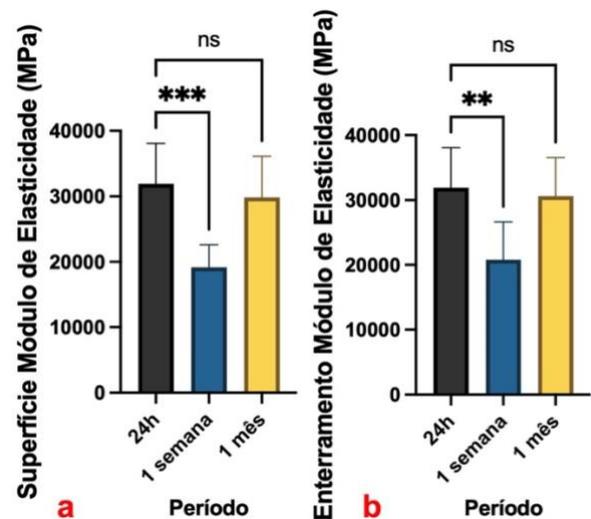


Figura 1 – Comparação dos parâmetros mecânicos de amostras submetidas a diferentes períodos de decomposição (24 h, 1 semana e 1 mês) nas condições de superfície e enterramento. \*: indica diferença estatística; ns: indica que não há diferença estatística.

(a) Módulo de elasticidade (MPa) das amostras em condição de superfície.

(b) Módulo de elasticidade (MPa) das amostras enterradas.

Os resultados mostram uma redução significativa do módulo de elasticidade (rigidez) na primeira semana após a morte, seguida por um aumento parcial desses parâmetros aos 30 dias. Essa tendência sugere que os tecidos passam inicialmente por um processo de degradação estrutural, que compromete a integridade mecânica. Com o passar do tempo, especialmente após uma semana, pode haver um efeito de retração ou secagem dos tecidos, bem como mumificação parcial (em ambientes secos ou enterrados) (Gebhardt et al., 2024), o que poderia justificar o aumento nos valores de módulo de elasticidade e força após 1 mês.

## CONCLUSÕES:

Os resultados demonstraram que as propriedades biomecânicas dos ossos variam significativamente ao longo do tempo post-mortem, com reduções no módulo de

elasticidade e força de ruptura após 1 semana, seguidas de uma recuperação parcial aos 30 dias.

## **BIBLIOGRAFIA**

GEBHARDT, M.; SLOWIK, V.; STEINKE, H. Drying irreversibly affects the elastic behavior of pelvic cortical bone. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, Amsterdã, v. 152, p. 106432, 2024.

MARTINS, P. A. et al. Necromechanics: death-induced changes in the mechanical properties of human tissues. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine**, Londres, v. 229, p. 343-349, 2015.

WESCOTT, D. J. Postmortem change in bone biomechanical properties: loss of plasticity. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 300, p. 164-169, 2019.