Revista Brasileira de Cunicultura, v. 27, n.1, jul. de 2026
DOI: 10.46342/cunicultura.v27.2026.02

Propriedades físico-mecânicas de couros de tilápia e coelho curtidos com taninos vegetais

Physicomechanical properties of leather from tilapia and rabbit tanned with vegetable tannins

Propiedades fisicomecánicas de cueros de tilapia y conejo curtidos con taninos vegetales

Mateus Hashimoto Gil[1], Filipe Antônio Monteiro[1], Dezirrê Raiane Costa[1*], Diogo de Oliveira Marques[1], Gabriela Hernandes Cangianelli[1], Rafaela Dorne Bronzi[1], Maria Luiza Rodrigues de Souza[1]

[1] Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.

*dezirrerayane1995@gmail.com

RESUMO

A valorização de subprodutos de origem animal tem se consolidado como estratégia sustentável, com potencial para reduzir resíduos e agregar valor às cadeias produtivas aquícola e cunícola. Nesse sentido, o aproveitamento de peles para produção de couro representa alternativa tecnicamente viável e ambientalmente relevante. O objetivo com o presente estudo foi avaliar as propriedades físico-mecânicas de couros de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e coelho (*Oryctolagus cuniculus*) submetidos ao curtimento com tanino vegetal. Foram utilizadas 60 peles de tilápia e peles de coelhos da raça Nova Zelândia Branco, processadas segundo metodologia de curtimento vegetal. Após o processamento, foram realizados ensaios de tração, alongamento e rasgamento progressivo, conforme normas da ABNT. Os resultados indicam que não houve diferença significativa entre as espécies para espessura, deformação, alongamento, resistência específica à tração e parâmetros de rasgamento progressivo ($P > 0,05$). No entanto, a força máxima foi superior no couro de coelho ($P < 0,05$), indicando maior resistência à ruptura. Dessa forma, observa-se que, apesar das diferenças estruturais entre peles de peixes e mamíferos, o curtimento vegetal foi capaz de promover desempenho mecânico semelhante entre os materiais avaliados. Esse resultado sugere que o uso de taninos vegetais pode uniformizar as propriedades físico-mecânicas dos couros, ampliando seu potencial de aplicação em diferentes segmentos industriais, com enfoque em sustentabilidade.

Palavras-chave: processamento de peles, resposta mecânica, *Oreochromis niloticus*, *Oryctolagus cuniculus*

Abstract

The valorization of animal by-products has been consolidated as a sustainable strategy with the potential to reduce waste and add value to aquaculture and rabbit production chains. In this context, the use of skins for leather production represents a technically viable and environmentally relevant alternative. Thus, the present study aimed to evaluate

the physicomechanical properties of leather from tilapia (*Oreochromis niloticus*) and rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) subjected to vegetable tanning. A total of 60 tilapia skins and rabbit skins from the New Zealand White breed were processed according to a vegetable tanning methodology. After processing, tensile strength, elongation, and progressive tearing tests were performed in accordance with ABNT standards. The results indicate that there was no significant difference between species for thickness, deformation, elongation, specific tensile strength, and progressive tearing parameters ($P > 0.05$). However, maximum force was higher in rabbit leather ($P < 0.05$), indicating greater resistance to rupture. Therefore, despite structural differences between fish and mammalian skins, vegetable tanning was able to promote similar mechanical performance among the evaluated materials. This result suggests that the use of vegetable tannins may standardize the physicomechanical properties of leather, expanding its potential application across different industrial sectors, with a focus on sustainability.

Keywords: skin processing, mechanical response, Oreochromis niloticus, Oryctolagus cuniculus

Resumen

La valorización de subproductos de origen animal se ha consolidado como una estrategia sostenible, con potencial para reducir residuos y agregar valor a las cadenas productivas acuícola y cunícola. En este contexto, el aprovechamiento de pieles para la producción de cuero representa una alternativa técnicamente viable y ambientalmente relevante. Así, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar las propiedades fisicomecánicas de cueros de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y conejo (*Oryctolagus cuniculus*) sometidos a curtido con taninos vegetales. Se utilizaron 60 pieles de tilapia y pieles de conejos de la raza Nueva Zelanda Blanca, procesadas según una metodología de curtido vegetal. Tras el procesamiento, se realizaron ensayos de tracción, elongación y rasgado progresivo, conforme a normas ABNT. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas entre las especies para espesor, deformación, elongación, resistencia específica a la tracción y parámetros de rasgado progresivo ($P > 0,05$). Sin embargo, la fuerza máxima fue superior en el cuero de conejo ($P < 0,05$), indicando mayor resistencia a la ruptura. De este modo, a pesar de las diferencias estructurales entre pieles de peces y mamíferos, el curtido vegetal fue capaz de promover un desempeño mecánico similar entre los materiales evaluados. Este resultado sugiere que el uso de taninos vegetales puede uniformizar las propiedades fisicomecánicas de los cueros, ampliando su potencial de aplicación en diferentes sectores industriales, con enfoque en la sostenibilidad.

Palabras clave: procesamiento de pieles, respuesta mecánica, *Oreochromis niloticus*, *Oryctolagus cuniculus*

Introdução

A crescente demanda por materiais sustentáveis tem impulsionado a valorização de subprodutos de origem animal. O aproveitamento de peles para a produção de couro representa uma alternativa viável tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico, reduzindo resíduos e agregando valor à cadeia produtiva (Patel et al., 2021). Espécies como a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o coelho (*Oryctolagus cuniculus*)

apresentam grande potencial para essa finalidade, em função da disponibilidade de matéria-prima e das características estruturais de suas peles (Franco et al., 2012; Monteiro et al., 2026).

A estrutura da pele exerce papel fundamental na determinação das propriedades do couro. No caso da tilápia, a organização das fibras colágenas em diferentes direções confere boa resistência mecânica e capacidade de deformação do material (Souza et al., 2021). Por outro lado, o couro de coelho apresenta textura macia e elevada flexibilidade, sendo amplamente valorizado na indústria de vestuário e artefatos, além de poder ser trabalhado de formas distintas, com e sem pelos (Hoch et al., 2009). Entretanto, diferenças estruturais entre essas matérias-primas podem resultar em respostas distintas aos processos de curtimento.

O curtimento com taninos vegetais tem se destacado como alternativa aos agentes químicos convencionais, como os sais de cromo, em função do menor impacto ambiental e da possibilidade de obtenção de couros biodegradáveis (Matiucci et al., 2021). Nesse contexto, os taninos atuam na estabilização da matriz colagênica por meio da formação de ligações cruzadas, o que influencia diretamente propriedades como resistência à tração, alongamento e resistência ao rasgamento (Kong et al., 2022).

Dessa forma, a escolha do agente curtente, associada às características da matéria-prima, exerce papel determinante na qualidade do couro. Considerando que diferentes estruturas dérmicas podem responder de maneira distinta ao processo de curtimento, a avaliação das propriedades mecânicas torna-se essencial para compreender o comportamento dos materiais obtidos.

Assim, estudos comparativos contribuem para a compreensão das interações entre a matriz colagênica e o agente curtente, possibilitando a obtenção de produtos com características tecnológicas adequadas. Além disso, fornecem subsídios para o aproveitamento eficiente dessas matérias-primas, ampliando seu potencial de aplicação industrial sob uma perspectiva sustentável. Assim o objetivo com o presente estudo foi avaliar as propriedades físico-mecânicas de couros de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e coelho (*Oryctolagus cuniculus*) curtidos com taninos vegetais, visando comparar o desempenho mecânico dessas matérias-primas.

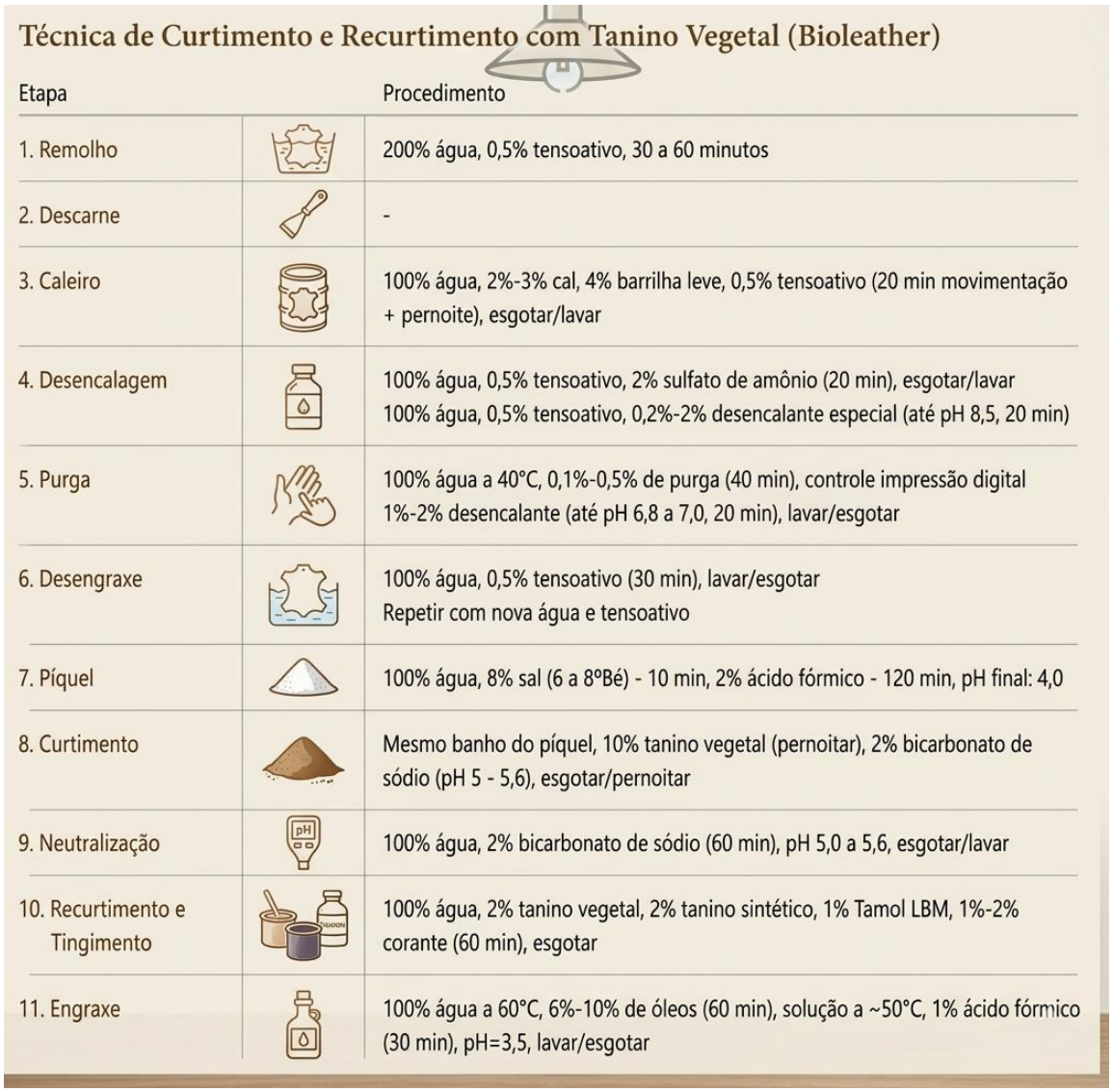
Material e Métodos

As peles de tilápia foram obtidas em um frigorífico da região. Após a coleta, foram separadas, embaladas, pesadas e armazenadas a -18°C até o momento do curtimento. No total, foram utilizadas 60 peles de tilápia e 60 peles de coelho. As peles, provenientes da raça Nova Zelândia branco foram submetidas ao mesmo procedimento de armazenamento. Para curtimento de ambas as matérias-primas foi empregada a técnica com tanino vegetal ou *bioleather* conforme descritas por Souza (2008).

Após o descongelamento, as peles foram submetidas à etapa de remolho, utilizando solução composta por água e tensoativo, durante 60 minutos. Posteriormente, realizou-se à operação de descarne, com a remoção da camada hipodérmica, com a utilização de uma colher nas peles de tilápia e nas de coelho a utilização do cavalete de descarne a fim de eliminar os resíduos de carne e gordura. Em seguida, as peles foram pesadas, permitindo o cálculo dos percentuais dos produtos químicos empregados nas etapas subsequentes do processamento como pode ser observado na figura 1.

Na sequência, as peles foram submetidas ao caleiro por 12 horas em solução contendo 4% de agente auxiliar alcalino (Dermaphel Plus®, Brasil) e 3% de hidróxido de cálcio, até pH superior a 11, visando à abertura da estrutura fibrosa. Posteriormente, realizou-se a desencalagem com agente desencalante comercial (Kalplex®, Brasil) por 20 minutos, repetida três vezes até pH próximo de 8,0. Em seguida, procedeu-se à purga com água a 40 °C e 0,3% de enzima proteolítica comercial (Rohapon NPB®, Brasil) por 40 minutos, seguida do desengraxe em solução contendo tensoativo por 60 minutos. Ressalta-se que 0,5% de tensoativo foi adicionado em todas as etapas anteriores para auxiliar na remoção da gordura natural das peles.

Na etapa de píquel, as peles foram tratadas em solução a 7° Baumé com 2% de ácido fórmico, permanecendo sob rotação por 120 minutos e em repouso por 12 horas. Posteriormente, adicionou-se 10% de tanino vegetal (Weibull®, África do Sul), mantendo-se nova rotação por 60 minutos e repouso por mais 12 horas. Após a neutralização com bicarbonato de sódio até pH 5,6, realizou-se o recurtimento e tingimento



Técnica de Curtimento e Recurtimento com Tanino Vegetal (Bioleather)

Etapa	Procedimento
1. Remolho	200% água, 0,5% tensoativo, 30 a 60 minutos
2. Descarne	-
3. Caleiro	100% água, 2%-3% cal, 4% barrilha leve, 0,5% tensoativo (20 min movimentação + pernoite), esgotar/lavar
4. Desencalagem	100% água, 0,5% tensoativo, 2% sulfato de amônio (20 min), esgotar/lavar 100% água, 0,5% tensoativo, 0,2%-2% desencalante especial (até pH 8,5, 20 min)
5. Purga	100% água a 40°C, 0,1%-0,5% de purga (40 min), controle impressão digital 1%-2% desencalante (até pH 6,8 a 7,0, 20 min), lavar/esgotar
6. Desengraxe	100% água, 0,5% tensoativo (30 min), lavar/esgotar Repetir com nova água e tensoativo
7. Píquel	100% água, 8% sal (6 a 8ºBé) - 10 min, 2% ácido fórmico - 120 min, pH final: 4,0
8. Curtimento	Mesmo banho do píquel, 10% tanino vegetal (pernoitar), 2% bicarbonato de sódio (pH 5 - 5,6), esgotar/pernoitar
9. Neutralização	100% água, 2% bicarbonato de sódio (60 min), pH 5,0 a 5,6, esgotar/lavar
10. Recurtimento e Tingimento	100% água, 2% tanino vegetal, 2% tanino sintético, 1% Tamol LBM, 1%-2% corante (60 min), esgotar
11. Engraxe	100% água a 60°C, 6%-10% de óleos (60 min), solução a ~50°C, 1% ácido fórmico (30 min), pH=3,5, lavar/esgotar

Figura 1. Metodologia de curtimento vegetal descrita por Souza (2008).
Fonte: Elaborada pelos autores.

com 4% de tanino vegetal e 1% de corante por 60 minutos. O engraxe foi conduzido com emulsão contendo 10% de óleo a 60 °C por 60 minutos, seguido da fixação com 2% de ácido fórmico por 30 minutos. Ao final, os couros foram lavados, secos e submetidos ao amaciamento para obtenção dos corpos de prova destinados às análises físico-mecânicas.

Após o curtimento das peles, foram retirados corpos-de-prova no sentido longitudinal ao comprimento do corpo do peixe utilizando facas de corte com uso de um balancim, seguindo a norma NBR 2048 (ABNT, 2015).

Foram realizados ensaios de tração e alongamento, conforme a norma ABNT NBR ISO 3376 (2014), e de rasgamento progressivo, de acordo com a ABNT NBR ISO 3377-2 (2014). A

espessura das amostras foi determinada com auxílio de espessímetro, conforme a ABNT NBR 2589 (2016), sendo esse parâmetro utilizado para o cálculo das propriedades mecânicas. Posteriormente, as amostras foram condicionadas em ambiente climatizado, à temperatura de 23 ± 2 °C e umidade relativa do ar de 50 ± 5%, durante 48 horas, conforme a ABNT NBR 10455 (2021), visando à padronização das condições antes da realização dos ensaios. Os testes mecânicos foram conduzidos em dinamômetro da marca EMIC (Figura 2), operando com velocidade de 100 ± 10 mm min^{-1} e célula de carga de 200 kgf. Dessa forma, os ensaios foram realizados sob condições controladas, garantindo a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

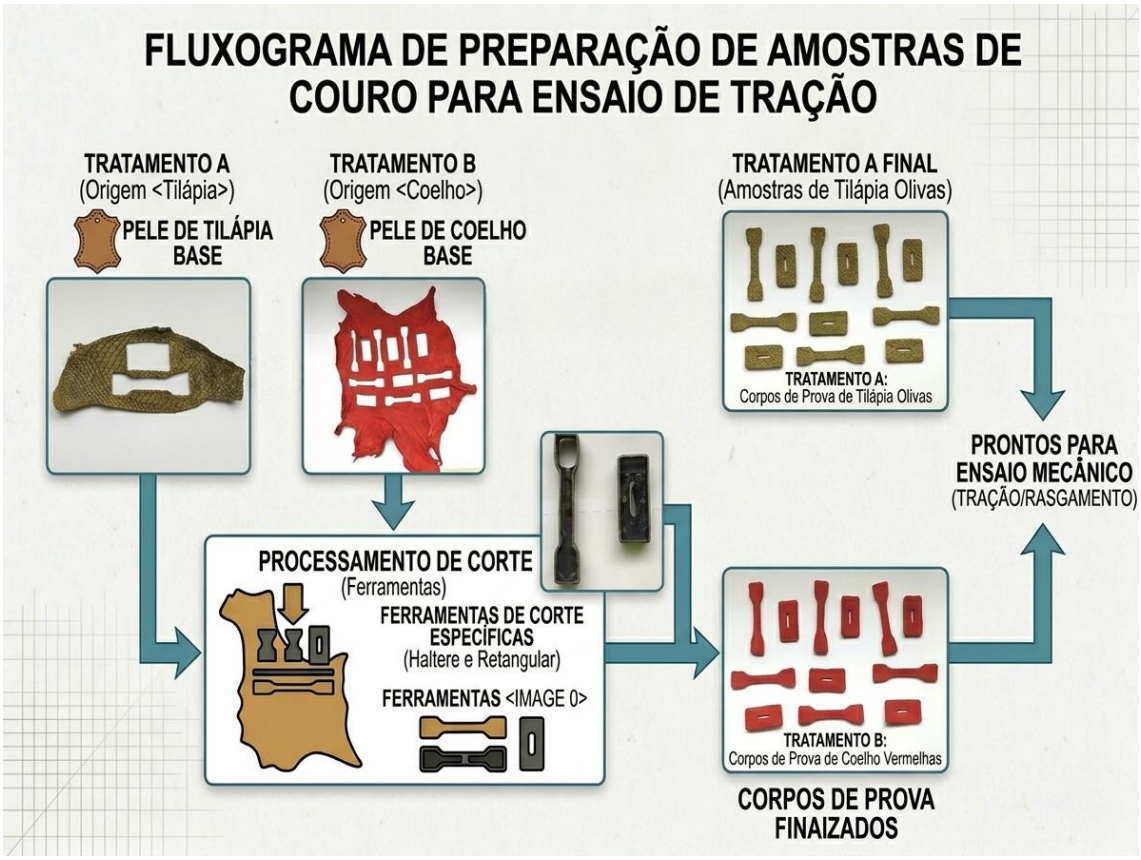


Figura 2. Fluxograma metodológico da preparação de corpos de prova para ensaio de teste mecânico. O processo compreende a amostragem das peles base (Tratamento A: Tilápia; Tratamento B: Coelho), o processamento de corte utilizando matrizes padronizadas e a obtenção dos corpos de prova finalizados para análise de resistência mecânica, as cores utilizadas foram apenas ilustrativas.
Fonte: Elaborada pelos autores

As representações esquemáticas utilizadas no presente estudo foram elaboradas por meio da inteligência artificial Gemini, a partir de descrições textuais estruturadas. As imagens geradas foram posteriormente revisadas,

editadas e validadas pelos autores, de modo a assegurar a precisão científica, coerência conceitual e padronização visual das figuras.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro–Wilk) e homogeneidade de variâncias (Levene). Atendidas as premissas, as médias foram comparadas pelo teste t de Student para amostras independentes, ao nível de 5% de significância ($P \leq 0,05$). As análises foram conduzidas no R (versão 4.3.2) e no SAS (versão 9.4).

Resultados e Discussão

A caracterização mecânica desses materiais é fundamental para compreender seu potencial de aplicação, especialmente em produtos que exigem resistência, flexibilidade e durabilidade. Os resultados da caracterização mecânica dos couros de tilápia e coelho estão apresentados na Figura 3. A avaliação dos resultados demonstrou que a espessura não apresentou diferença significativa entre as espécies ($P = 0,4438$). Esse comportamento indica que essa variável não foi determinante para as propriedades mecânicas observadas, sugerindo maior influência de aspectos estruturais. A literatura aponta que a resistência do couro está mais associada à organização e à densidade das fibras colágenas do que à espessura propriamente dita (Monteiro et al., 2026). Da mesma forma, não foram observadas diferenças significativas para deformação, alongamento e resistência específica à tração, evidenciando comportamento mecânico semelhante entre as espécies quando submetidas ao mesmo processo de curtimento.

Por outro lado, a força máxima apresentou diferença significativa ($P = 0,0467$), com maiores valores observados nos couros de coelho. Esse resultado indica maior capacidade de suportar cargas até o ponto de ruptura, o que pode estar relacionado à estrutura dérmica típica de mamíferos. Nesse sentido, a maior densidade fibrilar e a organização tridimensional das fibras colágenas favorecem a resistência mecânica e a distribuição das tensões ao longo da matriz (Burla et al., 2020). Além disso, a maior interligação entre as fibras contribui para maior dissipação de energia antes da ruptura.

Em contraste, nos couros de tilápia, a orientação predominantemente longitudinal das fibras colágenas e a menor compactação estrutural resultam em menor força de ruptura, como já relatado em estudos sobre propriedades mecânicas de couros de peixes realizados por Andrade et al. (2016), os quais destacaram a influência da

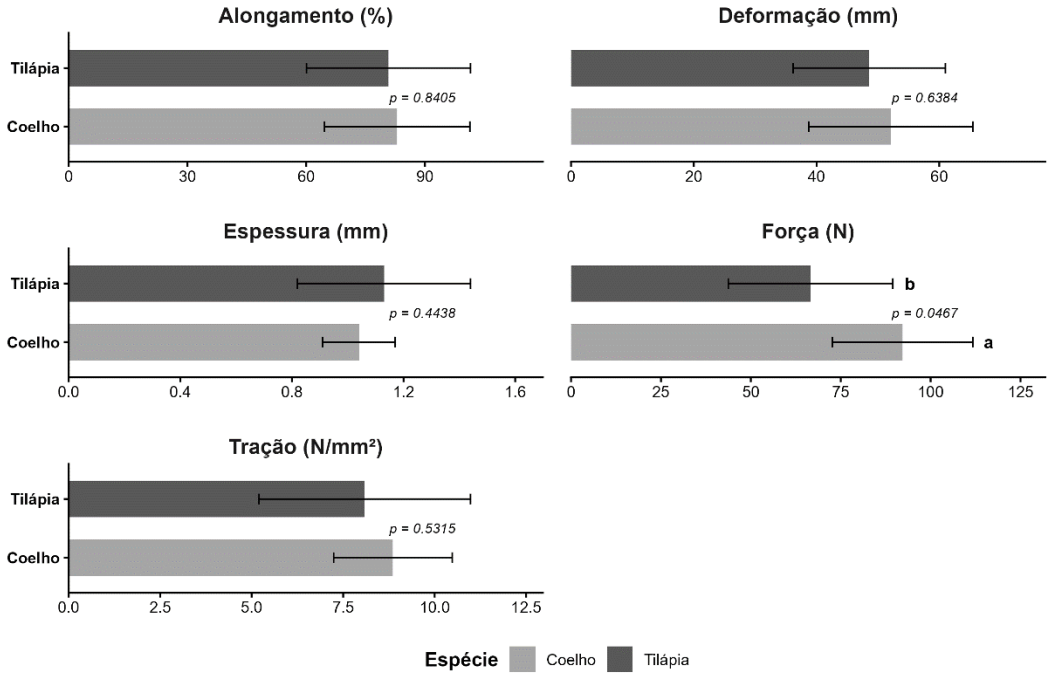


Figura 3. Tração e alongamento dos couros de coelhos e de tilápia curtidas com tanino vegetal. Os valores representam média ± desvio padrão.

organização estrutural na resposta mecânica desses materiais.

O teste de rasgamento progressivo dos couros de coelho e de tilápia curtidos com tanino vegetal é apresentado na figura 4. Esse ensaio é particularmente importante por simular condições de uso, nas quais o material é submetido a tensões localizadas que podem evoluir para falhas estruturais. A análise dos resultados indicou que não houve diferença estatística entre as espécies para nenhum dos parâmetros avaliados. A espessura das amostras não diferiu (P = 0,8841), evidenciando que este fator não exerceu influência sobre o comportamento mecânico observado. Esse resultado reforça que as propriedades mecânicas do couro estão mais relacionadas à organização da matriz colagênica do que às dimensões físicas do material.

Da mesma forma, a força máxima necessária para iniciar o rasgamento não apresentou diferença significativa entre tilápia e coelho (P = 0,8247), com valores médios de 25,33 ± 3,83 N e 26,00 ± 6,46 N, respectivamente. Esse resultado evidencia que o curtimento com tanino vegetal promoveu resistência inicial ao rasgo em ambas as espécies, independentemente de suas diferenças histológicas (Suparno e Hasibuan, 2022). Esse resultado sugere que o processo de curtimento foi determinante na padronização das propriedades

mecânicas associadas ao rasgamento. Tal comportamento pode estar relacionado à ação dos taninos na formação de ligações cruzadas na matriz colagênica o que contribui para o aumento da coesão entre as fibras, favorecendo a resistência à propagação de falhas (Wu et al., 2019).

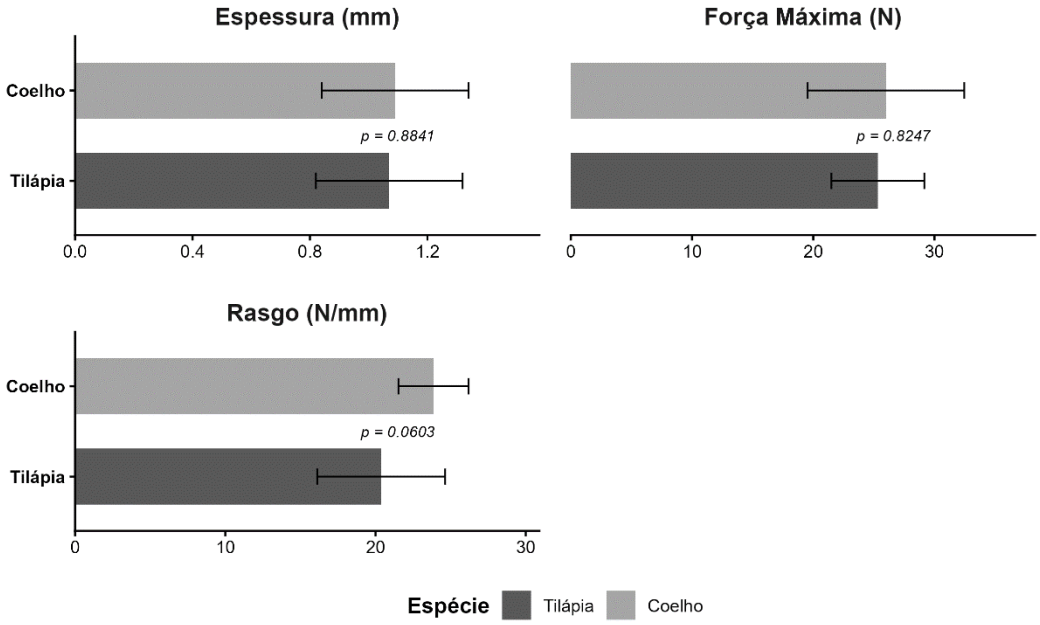


Figura 4. Espessura, força máxima e resistência ao rasgamento dos couros de tilápia e coelho curtidos com tanino vegetal. Os valores representam média ± desvio padrão.

O valor de resistência ao rasgamento expresso em N/mm também não diferiu estatisticamente entre os grupos (P = 0,0603), embora o couro de coelho tenha apresentado numericamente maior valor (23,86 ± 2,33 N/mm) em comparação ao couro de tilápia (20,38 ± 4,26 N/mm).

Os resultados sugerem que ambos os couros, quando submetidos ao mesmo processo de curtimento com tanino vegetal, apresentam comportamento semelhante no ensaio de rasgamento progressivo, não sendo observadas diferenças para espessura, força necessária para o início do rasgo e resistência específica ao rasgamento.

Dessa forma, os achados reforçam a versatilidade do curtimento vegetal e sua capacidade de conferir propriedades mecânicas adequadas a diferentes matérias-primas, conforme também observado por Dos Santos et al. (2016) em estudos com couros de tilápia e por Hoch et al. (2009) em estudos com couro de coelho.

Conclusão

O curtimento com tanino vegetal resultou em couros de tilápia e coelho com propriedades físico-mecânicas semelhantes na maioria dos parâmetros avaliados, evidenciando sua eficiência na estabilização das fibras colágenas independentemente da origem da pele. Entretanto, o couro de coelho apresentou maior força máxima à tração, indicando superior resistência à ruptura, enquanto o couro de tilápia demonstrou desempenho adequado, reforçando seu potencial como alternativa sustentável para aplicação industrial.

Referências

ABNT. **NBR 2418: couro: cortes de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

ABNT. **NBR ISO 2580: couro – ensaios físicos e mecânicos – determinação da espessura**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016.

ABNT. **NBR ISO 3376: couro – ensaios físicos e mecânicos – determinação da resistência à tração e percentual de extensão**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a.

ABNT. **NBR ISO 3377-2: couro – ensaios físicos e mecânicos – determinação da força de rasgamento – parte 2: rasgamento de extremidade dupla**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014b.

BURLA, Federica; DUSSI, Simone; MARTÍNEZ-TORRES, Cristina; KOENDERINK, Gijsje H. **Connectivity and plasticity determine collagen network fracture**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 15, p. 8326–8334, 2020.

DOS SANTOS, Fabrício Vieira; MARTINS, Gustavo Lazarini; OLIVEIRA, Gislaine Gonçalves; SBARAINI, Sabrina Campos; MATIUCCI, Marcos Antonio; CASTRO, Ana Carolina Valente Junqueira de; SANTOS, Sabrina Martins dos; SIEMER, Simone; VAI, Elenice Souza dos Reis; SOUZA, Maria Luiza Rodrigues de. **Qualidade de resistência de peles de tilápia do Nilo submetidas ao curtimento com tanino vegetal**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e36110817277, 2021.

FRANCO, M. L. R. S.; PRADO, M.; DOMINGUES, M. C.; GASPARINO, E.; SCAPINELLO, C.; SILVA, S. C. C. **Influência do tempo do processo de curtimento na qualidade dos couros de coelhos (Oryctolagus cuniculus)**. *Archivos de Zootecnia*, v. 61, n. 235, p. 425–435, 2012.

FRANCO, Maria Luiza Rodrigues de Souza; VIEIRA, Ariana Martins; KACHBA, Yslene Rocha; OLIVEIRA, Karla Fabrícia de; GODOY, Leandro; GASPARINO, Eliane. **Curtimento de peles de peixe com taninos vegetal e sintético**. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 30, n. 3, p. 359–363, 2008.

HOCH, Amanda Lilian Vieira; PRADO, Marcelle do; FRANCO, Maria Luiza Rodrigues de Souza; SCAPINELLO, Cláudio; FRANCO, Nilson do Prado; GASPARINO, Eliane. **Ação de diferentes agentes curtentes utilizados no curtimento de peles de coelhos: testes físico-mecânicos dos couros**.

Acta Scientiarum. Animal Sciences, v. 31, n. 4, 2009.

KONG, Weijing; DU, Qiaolin; QU, Yinan; SHAO, Changyu; CHEN, Chaoqun; SUN, Jian; MAO, Caiyun; TANG, Ruikang; GU, Xinhua. **Tannic acid induces dentin biomineralization by crosslinking and surface modification**. *RSC Advances*, v. 12, p. 3454–3464, 2022.

MATIUUCI, Marcos Antonio; FEIHRMANN, Andresa Carla; OLIVEIRA, Gislaine Gonçalves; CORRÊA, Stefane Santos; GOES, Elenice Souza dos Reis; SOUZA, Maria Luiza Rodrigues de. **Qualidade de resistência de peles de tilápia e salmão submetidas ao processo de curtimento com tanino vegetal**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e43910817242, 2021.

MONTEIRO, Filipe Antônio; COSTA, Dezirrê Raiane; MARQUES, Diogo de Oliveira; CANGIANELLI, Gabriela Hernandes; CORDINI, Melina Franco; BROZIN, Rafaela Dorne; SILVA, Stefane Caroline Claudino da; GIL, Mateus Hashimoto; VECHIATTO, Thiago; PAULA, Giovana de; SOUZA, Maria Luiza Rodrigues de. **Resistência e elasticidade de couros de tilápia do Nilo curtido com tanino vegetal: desempenho mecânico nas orientações longitudinal, transversal e diagonal do couro**. *Revista Tecnicouro*, Novo Hamburgo, n. 352, 2026.

PATEL, K.; MUNIR, D.; SANTOS, R. **Beneficial use of animal hides for abattoir and tannery waste management: a review of unconventional, innovative, and sustainable approaches**. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, p. 1807–1823, 2021.

SOUZA, M. L. R. **Tecnologia para processamento de peles de peixes**. 3. ed. Maringá: [s.n.], 2008.

SOUZA, Maria Luiza Rodrigues de; VIEGAS, Elisabete Maria Macedo; NAKAGHI, Laura Satiko Okada; DOURADO, Doroty Mesquita; KRONKA, Sérgio do Nascimento; GOES, Elenice Souza dos Reis. **Morfologia, composição centesimal e alterações ocorridas no processo de curtimento da pele da tilápia do Nilo**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e35810817240, 2021.

SUPARNO, O.; HASIBUAN, D. **Aldehyde-vegetable combination tanning for tuna fish skin**. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 1063, 2022.

WU, Leping; SHAO, Hui; FANG, Zehui; ZHAO, Yuancong; CAO, Chris Ying; LI, Quanli. **Mechanism and effects of polyphenol derivatives for modifying collagen**. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, v. 5, n. 9, p. 4272–4284, 2019.