

Morfologia, composição centesimal e alterações ocorridas no processo de curtimento da pele da tilápia do Nilo

Morphology, centesimal composition and changes during tanning process of the Nile tilapia skin

Morfología, composición proximal y cambios en el proceso de bronceado de la piel de tilapia del Nilo

Recebido: 16/06/2021 | Revisado: 24/06/2021 | Aceito: 01/07/2021 | Publicado: 14/07/2021

Maria Luiza Rodrigues de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5643-0841>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: mlrsouza@uem.br

Elisabete Maria Macedo Viegas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-2198>
Universidade de São Paulo, Brasil
E-mail: emviegas@usp.br

Laura Satiko Okada Nakaghi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4865>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: laura.nakaghi@unesp.br

Doroty Mesquita Dourado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6164-6046>
Universidade Anhanguera, Brasil
E-mail: douradod@uol.com.br

Sérgio do Nascimento Kronka

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4102-8117>
Universidade Estadual Paulista, Brasil
E-mail: skronka@yahoo.com.br

Elenice Souza dos Reis Goes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2437-4800>
Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
E-mail: elenicegoes@ufgd.edu.br

Resumo

O objetivo do estudo foi descrever a morfologia e a composição centesimal da pele de tilápia do Nilo e as alterações que ocorrem ao longo do processo de curtimento. Foram retiradas amostras (região dorsal média) no término de cada etapa do processo de curtimento, para análises de microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura. Também foram realizadas análises da composição centesimal de peles referentes a peixes de três classes de peso (500 a 600g; 601 a 700 g e 701 a 800 g). Observou-se que a pele da tilápia do Nilo possui um padrão estrutural comum aos peixes teleosteos. Através de técnicas histoquímicas comprovou-se a presença de carboidratos neutros nas células mucosas encontradas na camada superficial da epiderme. Foi observado o arranjo e orientação das fibras colágenas da derme superficial, bem como da derme compacta e a organização das fibras colágenas e das lâmelulas de proteção na inserção das escamas. Pode-se observar a inserção da escama no tecido dérmico, assim como, a sua morfologia. Observou-se o intumescimento e abertura da estrutura fibrosa no início do processo, e principalmente, a separação das camadas de fibras colágenas ao longo do processo e a ação dos óleos do engraxe ao término do curtimento. Houve diferença na composição centesimal das peles, apenas quanto ao teor de lipídios. Pela análise da morfologia da pele, em relação à organização e disposição das fibras colágenas e da estrutura dérmica durante o curtimento, pode-se inferir que o estudo da estrutura histológica do material é fundamental para análise da resistência do couro.

Palavras-chave: Epiderme; Derme; Fibras colágenas; *Oreochromis niloticus*.

Abstract

The aim of the study was to describe the morphology and centesimal composition of the Nile tilapia skin and the changes that occur throughout the tanning process. Samples (middle dorsal region) were taken at the end of each stage of the tanning process, for analysis of light microscopy and scanning electron microscopy. Analyzes of the proximate composition of skins related to fish of three weight classes (500 to 600g; 601 to 700 g and 701 to 800 g) were also carried out. It was observed that the skin of the Nile tilapia has a structural pattern common to teleost fish. Through histochemical techniques, the presence of neutral carbohydrates in the mucous cells found in the superficial layer of the

epidermis has been proven. The arrangement and orientation of the collagen fibers of the superficial dermis was observed, as well as of the compact dermis and the organization of the collagen fibers and of the protective insoles in the insertion of the scales. It is possible to observe the insertion of the scale in the dermal tissue, as well as its morphology. It was observed the swelling and opening of the fibrous structure at the beginning of the process, and mainly, the separation of the layers of collagen fibers throughout the process and the action of the oils of the greasing at the end of the tanning. There was a difference in the proximate composition of the skins, only in terms of lipid content. By analyzing the morphology of the skin, in relation to the organization and disposition of collagen fibers and the dermal structure during tanning, it can be inferred that the study of the histological structure of the material is fundamental for analyzing the strength of the leather.

Keywords: Epidermis; Dermis; Collagen Fibres; *Oreochromis niloticus*.

Resumen

El objetivo del estudio fue describir la morfología y composición próxima de la piel de la tilapia del Nilo y los cambios que ocurren durante el proceso de bronceado. Se tomaron muestras (región dorsal media) al final de cada etapa del proceso de bronceado, para su análisis por microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido. También se realizaron análisis de la composición próxima de pieles referentes a peces de tres clases de peso (500 a 600 g; 601 a 700 g y 701 a 800 g). Se observó que la piel de la tilapia del Nilo tiene un patrón estructural común a los peces teleósteos. Mediante técnicas histoquímicas se confirmó la presencia de carbohidratos neutros en las células mucosas que se encuentran en la capa superficial de la epidermis. Se observó la disposición y orientación de las fibras de colágeno en la dermis superficial, así como en la dermis compacta, y la organización de las fibras de colágeno y cubreobjetos protectores en la inserción de escamas. Es posible observar la inserción de la escala en el tejido dérmico, así como su morfología. Se observó el hinchamiento y apertura de la estructura fibrosa al inicio del proceso, y principalmente, la separación de las capas de fibras de colágeno a lo largo del proceso y la acción de los aceites ingresantes al final del proceso de curtido. Hubo una diferencia en la composición próxima de las pieles, solo en términos de contenido de lípidos. Al analizar la morfología de la piel, en relación con la organización y disposición de las fibras de colágeno y la estructura dérmica durante el bronceado, se puede inferir que el estudio de la estructura histológica del material es fundamental para el análisis de la resistencia del cuero.

Palabras clave: Epidermis; Dermis; Fibras de Colágeno; *Oreochromis niloticus*.

1. Introdução

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie mais produzida na piscicultura brasileira (Peixe BR, 2021), é considerada um peixe para a indústria por fornecer filés com excelentes qualidades de sabor, textura, cor branca e principalmente sem espinhos intramusculares. Durante a filetagem, grande volume de resíduos é gerado, inclusive a pele, pois os filés são comercializados principalmente sem pele. Como forma de agregar valor aos subprodutos, a pele pode ser aproveitada pela indústria de beneficiamento do couro. Após a sua retirada e conservação de maneira correta até o momento do curtimento, esta poderá se transformar em uma matéria-prima de elevado valor comercial. Seu aspecto visual desperta muito a atenção do público em geral, devido ao típico desenho formado pelas lamélulas de proteção da inserção da escama, de tal forma que o torna um mosaico inimitável.

Durante o curtimento a pele é submetida a determinados processos, com utilização de produtos químicos e/ou vegetais, preservando-a da putrefação ocasionada por processos autolíticos ou ataque bacteriano. Assim, a pele é transformada em um material imputrescível, com características de maciez, elasticidade, flexibilidade, resistência à tração e rasgamento progressivo, sendo estas especiais qualidades físico-mecânicas devido ao processo de curtimento (Souza, 2003). Durante o curtimento é mantida a natureza fibrosa da pele, porém as fibras são previamente separadas pela remoção do tecido interfibrilar, pela ação de produtos químicos; e depois adicionado as substâncias denominadas curtentes, que as transformam em couros, material imputrescível (Souza, 2004).

A morfologia da pele varia nas diferentes espécies de teleósteos, sendo basicamente constituída por duas camadas teciduais, que são a epiderme (mais superficial) e a derme (mais interna, subjacente à epiderme) e, estas duas camadas ficam sobrepostas à hipoderme ou tela subcutânea (Fishelson, 1996). A epiderme é composta por células epiteliais aplainadas, dispostas em subcamadas que contêm células produtoras de muco e de pigmentos (Storer & Usinger, 1978). Grizzle & Rogers (1976) e

Hibiya (1982) dividem a epiderme em duas subcamadas, o estrato de células poligonais e o estrato germinativo composto por células epiteliais, apoiadas na membrana basal. Também, Mittal et al. (1976) descrevem a epiderme como tendo três camadas que são o estrato germinativo, estrato intermediário e o superficial.

A derme dos peixes é constituída por tecido conjuntivo fibro-elástico e nela distinguem-se dois estratos: o superficial de textura frouxa, rico em vasos e terminações nervosas e o profundo, denso, pouco espesso e rico em fibras colágenas (Farias & Bezerra de Sá, 1995). Em muitas espécies de peixes, a derme é constituída por grossos feixes colágenos, dispostos paralelamente à superfície da pele e estão entrelaçados, de espaço em espaço, por grossos feixes perpendiculares à superfície (Hoinacki, 1989). O colágeno da pele tem importante função, pois reage com agentes curtentes e consequentemente a derme é a camada mais importante sob o ponto de vista do curtidor. Estas informações sugerem que o couro de peixes tem estrutura compatível com o seu aproveitamento na indústria de curtume.

O arranjo estrutural das fibras colágenas da derme compacta, bem como a espessura desse estrato, permite que a pele possua grande resistência a diferentes forças de tração (Junqueira et al., 1983a). Por essa razão, a pele de algumas espécies de peixes pode ser utilizada comercialmente na confecção de artefatos de couro, apesar de exigir algumas alterações nas técnicas aplicadas quanto ao tempo ou quantidade de produtos a serem utilizados.

A pele durante o processo de curtimento vai sofrendo modificações devido à utilização de produtos químicos que reagem com as fibras colágenas, proporcionando ao couro uma maior resistência, associado à disposição e orientação das fibras colágenas.

Desta forma, torna-se necessário o estudo morfológico da pele da tilápia, principalmente da arquitetura das fibras colágenas, pois elas são estruturas básicas que segundo Hoinacki (1989), reagem com o curtente. É preciso também observar o comportamento da derme ao longo do processamento e conhecer a composição, uma vez que esta interfere no processo de curtimento devido principalmente à quantidade de lipídios presentes. Sendo assim, o trabalho objetivou descrever a morfologia e composição centesimal da pele de tilápia do Nilo e as alterações que ocorrem ao longo do processo de curtimento.

2. Metodologia

As peles foram provenientes de uma unidade de processamento de peixes localizado na região de Maringá – PR, sendo que neste local as peles foram retiradas dos filés com auxílio de um alicate especial e congeladas para serem curtidas posteriormente.

Processo de curtimento e coleta de amostras para avaliar a estrutura da pele

Para realizar o curtimento, as peles foram descongeladas naturalmente à temperatura ambiente e após pesagem, iniciou-se o processo de curtimento. As etapas do processamento foram remolho, caleiro (2% sulfeto de sódio e 2% cal, sendo 2,5 h em rotação/ 14h repouso), desencalagem (sulfato de amônia e kalplex®, para atingir pH 8,5), purga (0,5% Rohapon NPB®), desengraxe, piquel (7 baumé e 3% de ácido fórmico), curtimento (6% de Chromosal B), neutralização (2% de bicarbonato de sódio), recurtimento e tingimento (4% acácia - Seta Natur ®, 1% tanino naftaleno – DN300® , 1% de corante), engraxe (4% Lipodermilicker LANAE ®, 4% Lipodermilicker LA-2® e 2% Apresto WP®), secagem e amaciamento.

Ao término de cada etapa do processo de curtimento foram retiradas 4 amostras da região dorsal média em 4 peles de peixes. As amostras foram fixadas em formol 10% tamponado e em glutaraldeído tamponado 2,5%, para realizar as análises de microscopia de luz e eletrônica de varredura.

Coleta de amostras para análise morfológica da pele

Foram coletadas amostras de pele das regiões dorsal média para análise histológica e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Para as análises histológicas foram coletadas 4 amostras por peixes e fixadas em solução Bouin por 24 horas. Posteriormente as amostras foram transferidas para concentrações crescentes de alcoóis e incluídas em parafina. Após foram cortadas com aproximadamente 5 micrômetros de espessura e coradas pela técnica de hematoxilina-eosina (HE), tricrômico de Masson (TM), ácido periódico-Schiff (PAS) e técnica de Hematoxilina-Verhoeff. Os cortes histológicos foram analisados pela microscopia de luz e fotografados em fotomicroscópio Calrs Zeiss/AxioLab e AxioxKop Zeiss.

Para a microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram coletadas 4 amostras de pele da região dorsal média do corpo da tilápia do Nilo. Estas foram fixadas em glutaraldeído tamponado 2,5% e pós-fixadas em tetróxido de ósmio 1%, por 2 horas. Em seguida as amostras foram lavadas em tampão fosfato, desidratadas em etanol e secas em ponto crítico com CO₂. Os espécimes foram metalizados com íons de ouro-paládio e elétrons-micrografados com o JEOL-JSM 5410.

Composição centesimal da pele

Após insensibilização dos peixes foram retiradas as peles e embaladas em sacos plásticos, identificados e congelados (-18°C). Após descongelamento foram trituradas em multiprocessador. Alíquotas desse material foram utilizadas para as determinações de composição centesimal (umidade, proteína, extrato etéreo e cinzas) de acordo com a metodologia oficial da AOAC (2005).

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (peles provenientes dos peixes das classes de peso: C1= 500 a 600 g; C2 = 601 a 700 g e C3 = 701 a 800 g) e seis repetições para análise de composição centesimal das peles. A pele foi considerada a unidade experimental. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

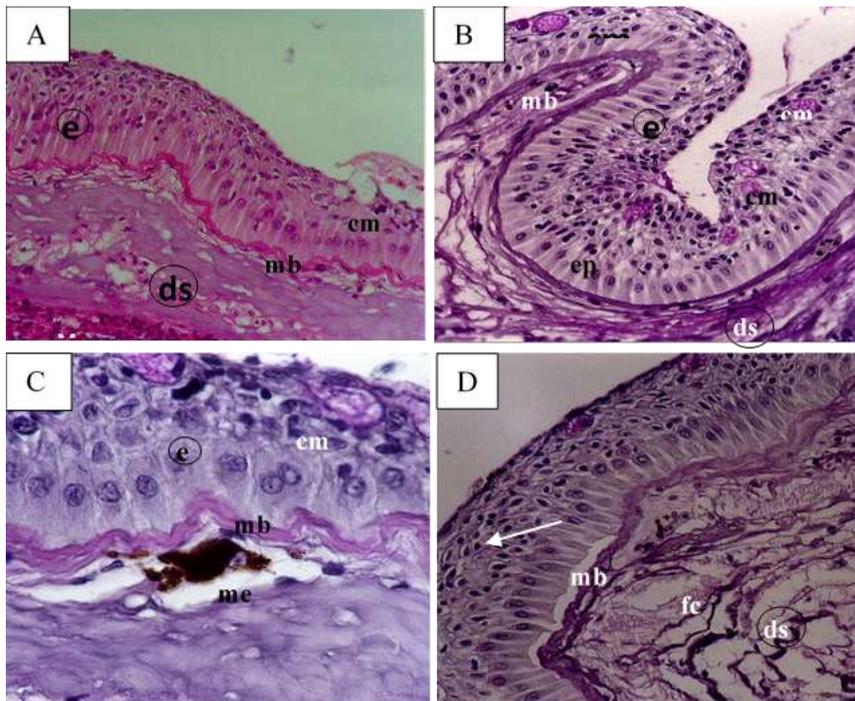
Morfologia da pele

A histologia da pele da tilápia do Nilo assemelha-se à de outros peixes teleósteos quanto à sua organização estrutural, por estar constituída de epiderme e derme. A derme fica apoiada na hipoderme que é composta de células adiposas entremeadas por tecido conjuntivo frouxo. A pele de todos os peixes, é igual a de todos os vertebrados, sendo que a epiderme é derivada do ectoderme embrionário e está composta igualmente as dos mamíferos por um epitélio pluriestratificado (Pasos, 2002). Segundo Mittal (1997), a epiderme de peixes é um tecido com muitas funções e varia na sua complexidade estrutural.

A epiderme da pele da tilápia do Nilo é formada por tecido epitelial pavimentoso estratificado, com subcamadas de células epiteliais (Figura 1). De acordo com Pasos (2002) a epiderme varia em número de estrato celulares entre espécies e em diferentes regiões na mesma espécie. As células epiteliais da camada germinativa observadas na pele de tilápia do Nilo são cilíndricas com núcleo oval e cromatina frouxa, apoiadas na membrana basal nítida. As células epiteliais estão estreitamente unidas entre si por um segmento viscoso intercelular a matriz. O estrato mais interno do epitélio se denomina estrato germinativo, o qual regenera rapidamente suprindo as células da superfície epitelial que possuem uma vida curta. A epiderme está sobre a derme, nutrindo-a, já que essa região possui vasos sanguíneos onde as substâncias nutritivas alcançam as células epiteliais por difusão através do segmento (Pasos, 2002). Na Figura 1 observa-se que as células epiteliais, à medida que se distanciam da membrana basal, vão sofrendo um achatamento. Segundo Farias (1991), a epiderme consiste em um epitélio estratificado não queratinizado, cujo

número de estratos varia de acordo com a região do corpo e a espécie considerada. O mesmo autor cita que o estrato basal (ou germinativo) é formado por células cilíndricas ou cúbicas, apoiadas sobre a membrana basal.

Figura 1. Fotomicrografia da epiderme (e) e derme superficial (ds) da tilápia do Nilo, mostrando: A - as células epiteliais cilíndricas (ep), próximo a membrana basal espessa e contínua (mb), células mucosas (cm), vaso sanguíneo (v). Objetiva: 10x, coloração: HE; B - as células epiteliais cilíndricas (ep), tamanhos diferentes de células mucosas (cm). Objetiva: 10X; Coloração: PAS; C - células epiteliais cilíndricas (ep), membrana basal espessa (mb) e melanóforo (me). Objetiva: 100X Coloração: PAS. D - células epiteliais (ep), camadas de células epiteliais (seta), membrana basal espessa (mb), célula mucosa (cm), finas fibras colágenas (fc) na derme superficial (ds). Objetiva: 10X Coloração: PAS.



Fonte: Autores.

Na epiderme também existem as células mucosas (Figura 1), porém a quantidade dessa célula observada foi pequena e variável quanto ao tamanho e formato. Através da reação histoquímica pelo PAS, pode-se observar reação positiva para as células mucosas da epiderme (Figura 1 B,C). Essas células são observadas na região intermediária e superficial da epiderme. Dourado et al. (1998) analisaram três regiões da pele do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e constataram, na região da linha lateral, muitas células mucosas, pequenas e de forma ovalada, enquanto nas regiões dorsal média e ventral, elas apresentaram-se em número reduzido. De acordo com Whitear e Zaccone (1984) as células mucosas e claviformes variam nas diferentes áreas do corpo no mesmo indivíduo.

Os estratos celulares da epiderme contêm células mucosas que produzem mucina, que é uma glicoproteína formadora do muco (delgada secreção lubrificante). Essas células mucosas derivam do estrato germinativo (ou camada germinativa) da epiderme (Pasos, 2002). O número e tamanho das células mucosas pode variar entre as espécies e dentro de uma mesma espécie, em função do ambiente (Hinton & Laurén, 1990). Segundo Harris e Hunt (1975) as células mucosas são encontradas em maior quantidade na região anterior do corpo e nas regiões do corpo que apresentam nadadeiras, observam-se poucas células. Tais células sintetizam pequena quantidade de muco e, neste processo vão se unindo e migrando em direção à superfície da pele, onde descarregam seu conteúdo, tornando-a viscosa (Iger & Abraham, 1990).

Não foram observadas células claviformes na epiderme das tilápias, neste estudo. As células claviformes são glândulas grandes, unicelulares e exócrinas da epiderme de muitos teleósteos (Ralphs & Benjamin, 1992). As células claviformes são facilmente distinguidas das células mucosas por não apresentarem abertura para fora na superfície da epiderme. A posição de seu núcleo e reação negativa das células, para o ácido periódico-Schiff, as diferenciam das células mucosas.

O fato da epiderme da tilápia do Nilo neste estudo, apresentar número e formato de células mucosas diferentes das demais espécies analisadas e a ausência das células claviformes podem estar relacionados com a procedência do peixe, ou seja, do ambiente em que ele estava habitando.

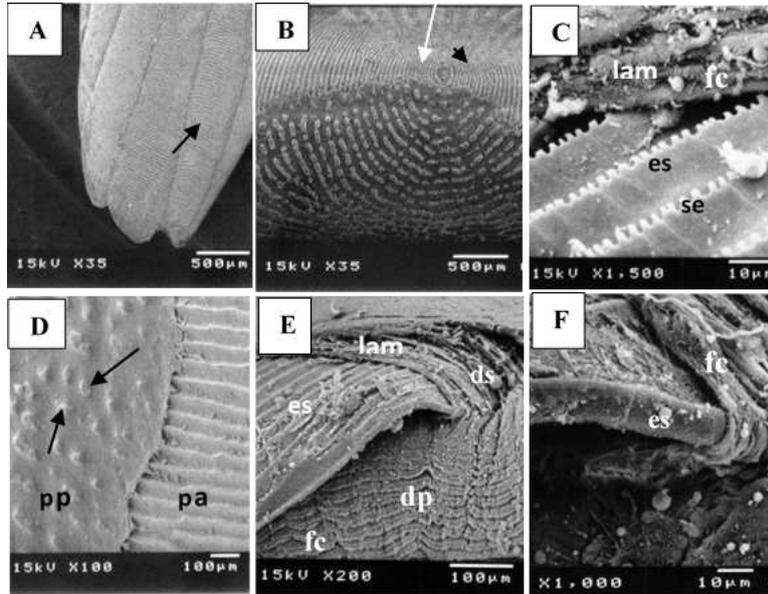
As Figuras 1B e 1D mostram a estrutura contínua e a espessura da membrana basal e a sua positividade através da reação histoquímica pelo PAS. Abaixo desta, pode-se notar um tecido conjuntivo frouxo e rico em delgadas fibras colágenas. A espessura da membrana basal pode variar entre as espécies de peixes. De acordo com Dourado et al. (1996 a,b), na piraputanga (*Brycon* sp.), esta apresenta-se fina e no dourado (*Salminus maxillosus*) espessa.

Na Figura 1C, logo abaixo da membrana basal, no tecido conjuntivo frouxo (derme superficial), verifica-se a presença de melanóforo, célula que sintetiza melanina. Também foi observado entre a derme compacta e a hipoderme, a presença desses mesmos tipos celulares (melanóforos). De acordo com Pasos (2002) a pele de peixe apresenta uma característica importante que é a sua pigmentação, que se deve a um tipo de célula chamada cromatóforo. Todavia, durante o curtimento essa pigmentação é eliminada, exceto a cor preta, caso os produtos químicos sejam adicionados nas devidas proporções, para não causar a despigmentação da pele.

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a escama da tilápia do Nilo fixada ao tecido conjuntivo denso modelado da derme. Segundo Storer e Usinger (1978), a maioria dos peixes é coberto por escamas, sendo geralmente finas e imbricadas, estando presentes durante toda a vida do animal e podendo sofrer regeneração. Através da microscopia de luz (Figura 3), nota-se a presença de denticulos de tamanhos e formatos diferentes que se encontram no lado superior da escama. Através da microscopia eletrônica de varredura (Figura 2 C), observa-se a estrutura destes denticulos.

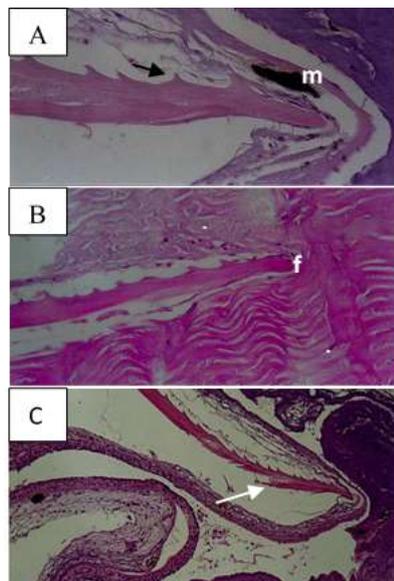
No local onde a escama está inserida, na parte superior, nota-se um tecido dérmico diferenciado que corresponde à lamélula de proteção da inserção da escama (Figuras 2 E, F e 3B). Segundo Lagler et al. (1977) as escamas são imbricadas uma a uma em bolsa dérmica e as superfícies, superior e inferior, de cada escama são recobertas por epiderme. No entanto, isso não foi possível observar na microscopia de varredura, pelo fato de a epiderme da pele da tilápia ser muito fina e à medida que as amostras foram coletadas, a epiderme foi destruída. Através da microscopia de luz foi possível observar apenas na Figura 3B, uma fina camada epidérmica.

Figura 2. Eletromicrografias da escama da tilápia do Nilo: A) Sulco (seta); B) Anel (seta preta) e focus (seta branca); C) serrilhado (se) na parte superior da escama (es) e camadas de fibras colágenas (fc) da lamélula; D) Superfície da escama: porção posterior (pp), porção anterior (pa); E) Escama (es) inserida na derme superficial (ds) com a profunda (dp) e camadas sobrepostas de fibras colágenas (fc) da lamélula; F) Aumento maior da escama (es) inserida na derme e fibras colágenas (fc) sobre a escama.



Fonte: Autores.

Figura 3. Fotomicrografia (A) escama aderida à derme, na superfície superior da escama (es) observa-se a derme superficial lamélula. Dentículos observados na escama (seta) e a presença de melânoforos (me); (B) escama fixada à pele; (C) observa-se a epiderme recobrindo a escama (ep); fibroblastos (fb); melânoforos (me); na superfície inferior nota-se uma saliência pontiaguda (seta) que proporciona a fixação da escama no tecido dérmico. Objetiva: 40X e Coloração: HE.



Fonte: Autores.

Pode-se notar na superfície superior da escama, na porção anterior, raios convergindo do focus, área central da escama (Figura 2 B). Essa porção anterior apresenta uma elevada quantidade de *annulus* e diferentes *circulus* ou sulcos finos e concêntricos que terminam oblíquamente na margem da escama (Figura 2 C e D). Storer e Usinger (1978), citam que as escamas

crecem com o crescimento do peixe, e esse crescimento determina o aparecimento de uma série de sulcos finos e concêntricos, marcado em decorrência da estação de inverno e verão. Esse fato, possibilita a determinação da idade no salmão, truta, perca e outros. Portanto, as escamas são consideradas como uma forma de identificação e determinação da idade do peixe. Na porção posterior da escama, observam-se muitas saliências, consideradas por alguns, como dentes, que são visíveis sem a remoção da escama do corpo do peixe (Lagler et al., 1977) Na Figura 3 A,B podem-se observar fibroblastos em atividade, sintetizando o colágeno que é composição essencial da escama.

Segundo Pasos (2002) a derme se origina do mesodermo embrionário e está composta por tecido conjuntivo fibroelástico relativamente pobre em células. A derme é composta por duas camadas, sendo uma superficial, subjacente à epiderme, composta por fibras finas, com melanóforos e vasos sanguíneos e outra, no estrato mais profundo (derme compacta) com fibras colágenas dispostas paralelamente à superfície da pele. Portanto, pode-se dizer que a derme da pele da tilápia do Nilo é formada por um tecido conjuntivo frouxo (derme superficial) e um tecido conjuntivo denso (derme profunda), espesso e rico em fibras colágenas paralelas (Figura 4 A, B e C).

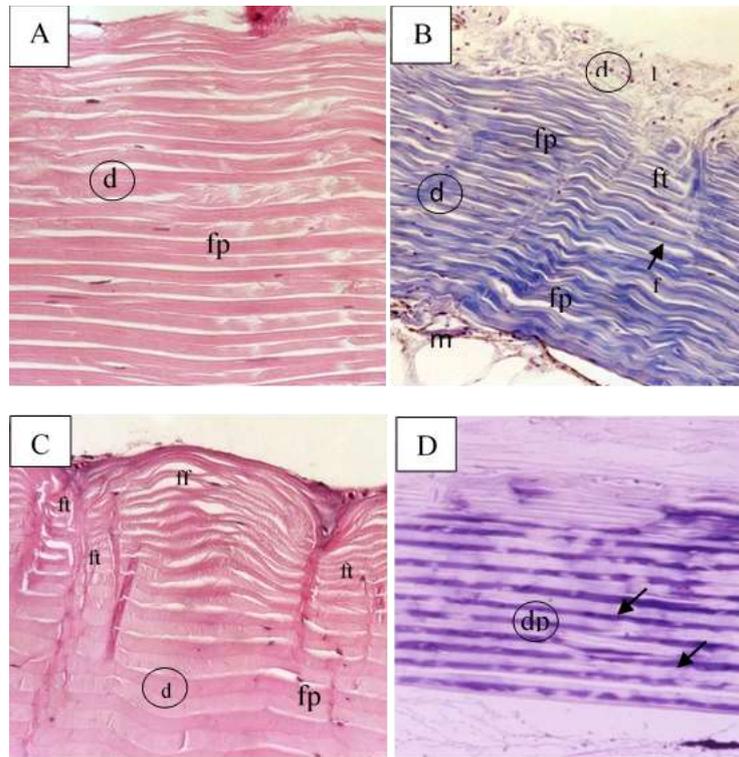
Em algumas regiões do corpo do peixe, na derme profunda, principalmente observando-se no sentido longitudinal do comprimento do corpo, é possível distinguir duas subcamadas: a externa (mais próxima da epiderme), caracteriza-se pelas fibras colágenas dispostas transversalmente à superfície da pele (Figura 4 C). Nessa região as fibras são mais finas e espaçadas entre si. Na subcamada mais profunda as fibras colágenas são espessas e estão dispostas paralelamente à superfície. Observa-se assim, uma arquitetura própria para a pele de tilápia do Nilo. Souza e Leme dos Santos (1995) também observaram a mesma disposição e orientação das fibras colágenas na derme profunda da tilápia do Nilo.

De acordo com Hibiya (1982) e Junqueira et al. (1983b), em todas as espécies de peixes, o colágeno se apresenta em duas camadas distintas: uma delgada superficial (derme frouxa) e outra espessa, profunda (compacta). A camada profunda se apresenta igual em todas as espécies, variando o padrão de acordo com a disposição da camada mais superficial. Pasos (2002) afirma que na pele de peixes em geral, a derme consiste em uma relativa camada superior de tecido difuso, zona denominada de estrato compacto. Esta zona é rica em fibras de colágeno, as quais estão dispostas em forma paralela à flor da pele e entrecruzadas entre si em lâminas, no formato de redes entrecruzadas.

No surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e na pirarara (*Phractocephalus hemiliopterus*), a camada superficial apresenta-se constituída por fibras paralelas à superfície da pele, que se encurvam ligeiramente, convergindo para colunas verticais de colágeno (Junqueira et al., 1983a). Este padrão assemelha-se ao observado na pele de tilápia deste estudo.

Segundo Junqueira et al. (1983a) o arranjo estrutural das fibras colágenas da derme compacta, bem como a espessura deste estrato, permite que a pele possua uma grande resistência a diferentes forças de tração.

Figura 4. Fotomicrografia da derme da tilápia do Nilo mostrando: A) derme profunda (dp) com fibras colágenas paralelas e espessas (fp); B) Derme superficial (ds) e profunda (dp), com fibras perpendiculares ou transversais (ft), vasos sanguíneos (vs), linfócitos (li), fibroblastos (fb); camada de melanina (me) entre a derme profunda e hipoderme (tecido adiposo). C) derme profunda (dp) com as fibras colágenas paralelas (fp) e transversais (ft) à epiderme; fibras mais finas e espaçadas (ff) na região mais próxima da derme superficial. D) Camadas de fibras elásticas (seta) na derme profunda. Objetiva: 20 X. A e C) Coloração = HE; B) Coloração = TM; D) Coloração de Hematoxilina Verhoeff.



Fonte: Autores.

Na Figura 4 B observa-se um tecido conjuntivo frouxo com fibras colágenas finas, fibroblastos, linfócitos e vasos sanguíneos. Abaixo, pode ser visto a derme compacta ou tecido conjuntivo denso modelado. Esta camada apresenta-se espessa e com fibras colágenas paralelas umas às outras. Essas fibras são grossas, onduladas e entre as mesmas pode ser visto um tecido conjuntivo frouxo rico em fibroblastos e vasos sanguíneos. Além das fibras colágenas paralelas, foram observadas também, fibras perpendiculares em menor quantidade. Abaixo da derme compacta, nota-se uma estreita camada de tecido conjuntivo rico em melanócitos, e um tecido adiposo composto por grandes células e entre essas células pode-se observar um tecido conjuntivo frouxo com fibras colágenas finas e fibroblastos.

A derme também apresenta as fibras elásticas que são delgadas e não apresenta um padrão quanto à sua disposição. Elas se ramificam formando uma rede. Quando coradas pelo método HE, essas fibras não são distinguidas das fibras colágenas. A técnica apropriada para detectar as fibras elásticas é a Hematoxilina Verhoeff, específico para tecido elástico, se corando em negro (Figura 4 D). Mesmo com pequenas trações as fibras elásticas aumentam em comprimento e retornam ao comprimento original rapidamente após a redução da tensão exercida sobre ela. De acordo com Rhein (1956) a elastina apresenta uma estrutura análoga à do colágeno; não tem, no entanto, cadeias laterais polares, de forma que não sofre intumescimento pelos ácidos ou pelas bases.

As alterações da pele no processo de curtimento

Segundo Hoinacki et al. (1994) as peles exóticas, requerem cuidados especiais, com relação a determinadas etapas do processamento, por apresentarem estrutura colágena mais sensível à ação de enzimas e determinados produtos químicos. Isto se deve a diferenças na proporção de determinados aminoácidos que concorrem na formação da estrutura colágena.

Antes do remolho pode-se observar que os feixes de fibras colágenas da derme se encontram em camadas sobrepostas e juntas, sendo que próximo à superfície são mais delgadas e vão aumentando em espessura à medida que se distanciam da superfície (Figuras 5A). Com o remolho as camadas de fibras colágenas ficaram intumescidas e com pouco espaço entre elas (Figura 5B). Segundo Hoinacki (1989), esse fenômeno é considerado intumescimento liotrópico, onde as peles se apresentam macias e flácidas. Isso pode ser observado no curtimento da pele da tilápia nilótica através da microscopia de luz. Com o processo perdeu a organização das fibras colágenas (Figura 5B). De acordo com Pasos (2002) a finalidade dessa etapa é eliminar parte do sal (da conservação da pele, quando salgada) e impurezas presentes na pele. A água coopera com a umectação da pele e o tensoativo acelera o processo e elimina parcialmente as graxas naturais. Segundo Sanchez e Araya (1990) a epiderme apresenta fragilidade celular e no remolho, com a presença de produtos químicos e a rotação do fulão, proporciona a liberação da epiderme e consequentemente das escamas, complementando, tal ação, com o caleiro.

As peles devem ser descarnadas quando necessário, ou seja, quando ainda constar uma quantidade de musculatura e tecido adiposo no lado carnal da pele. Segundo Pasos (2002), nas peles mal descarnadas, nas etapas posteriores do curtimento, ocorre uma má penetração dos produtos químicos.

Na etapa do caleiro ocorreu uma maior abertura da estrutura fibrosa (Figura 5C) determinada pelo intumescimento osmótico, que de acordo com Hoinacki et al. (1994), está relacionado ao fenômeno físico-químico da osmose, ocorrendo a difusão de água através da membrana semipermeável das células. Hoinacki et al. (1994), também afirmam que nessa etapa ocorre uma das ações físicas mais importantes que é a absorção de água pela pele. Assim, as fibras aumentam de diâmetro, devido ao desdobramento que ocorre com a absorção de água. O ângulo de entrelaçamento tende a ser maior e a pele aumenta de espessura, tornando-se mais firme e translúcida (Figuras 5 C, D e 6C). A etapa de caleiro é fundamental para obtenção de um bom couro (Moreira, 1994). Assim, se o processo for deficiente, impede a boa ação da purga e, em consequência, do material curtente, conferindo ao couro um aspecto acartonado e com superfície áspera. Por outro lado, quando o caleiro é excessivo, o couro torna-se flácido, com propriedades físico-mecânicas comprometidas devido às perdas de substâncias dérmicas.

Com o intumescimento também ocorre a abertura da estrutura fibrosa decorrente da eliminação do material interfibrilar. De acordo com Hoinacki (1989) são eliminados as proteínas globulares e todo o material interfibrilar da derme. Nesse momento, ocorre o intumescimento osmótico, que segundo o mesmo autor, se deve à ação de ácidos ou álcalis diluídos. As peles não são flácidas, apresentam turgência e não são brancas, mas translúcidas. A epiderme é facilmente perdida com a remoção das escamas, no momento da remoção da pele, seja por alicate ou máquina para essa finalidade ou durante o processo de curtimento. Isto pode ser observado nos cortes histológicos e no material elétron-micrografados realizados ao longo do processo de curtimento da pele da tilápia do Nilo. Pode ser visualizado através das elétron-micrografias que a pele não apresenta epiderme (Figuras 5 A, B, F, G, J, K, L, O e P), pois na região superior da mesma observam-se apenas as fibras colágenas entrelaçadas e espessas (Figura 5 O e P).

Na desengalagem são retiradas as substâncias alcalinas e com isso reduz-se o intumescimento, a pele retorna ao estado primitivo, porém o distanciamento das fibras ainda é observado (Figura 6 F, G e 7 D). Com a purga, através da aplicação de enzimas bacterianas ou enzimáticas, ocorre uma maior limpeza das fibras colágenas, com a remoção dos componentes indesejados, tais como alguns produtos da degradação da proteína, epiderme, mucosidade da superfície da pele, parte da proteína fibrosa e quimicamente resistente com o objetivo de obter a correta textura da flor e a suavidade do couro terminado (Frankel, 1991), consequentemente um couro caído ou solto (Pasos, 2002). Essa etapa seria mais uma limpeza do couro antes do curtimento

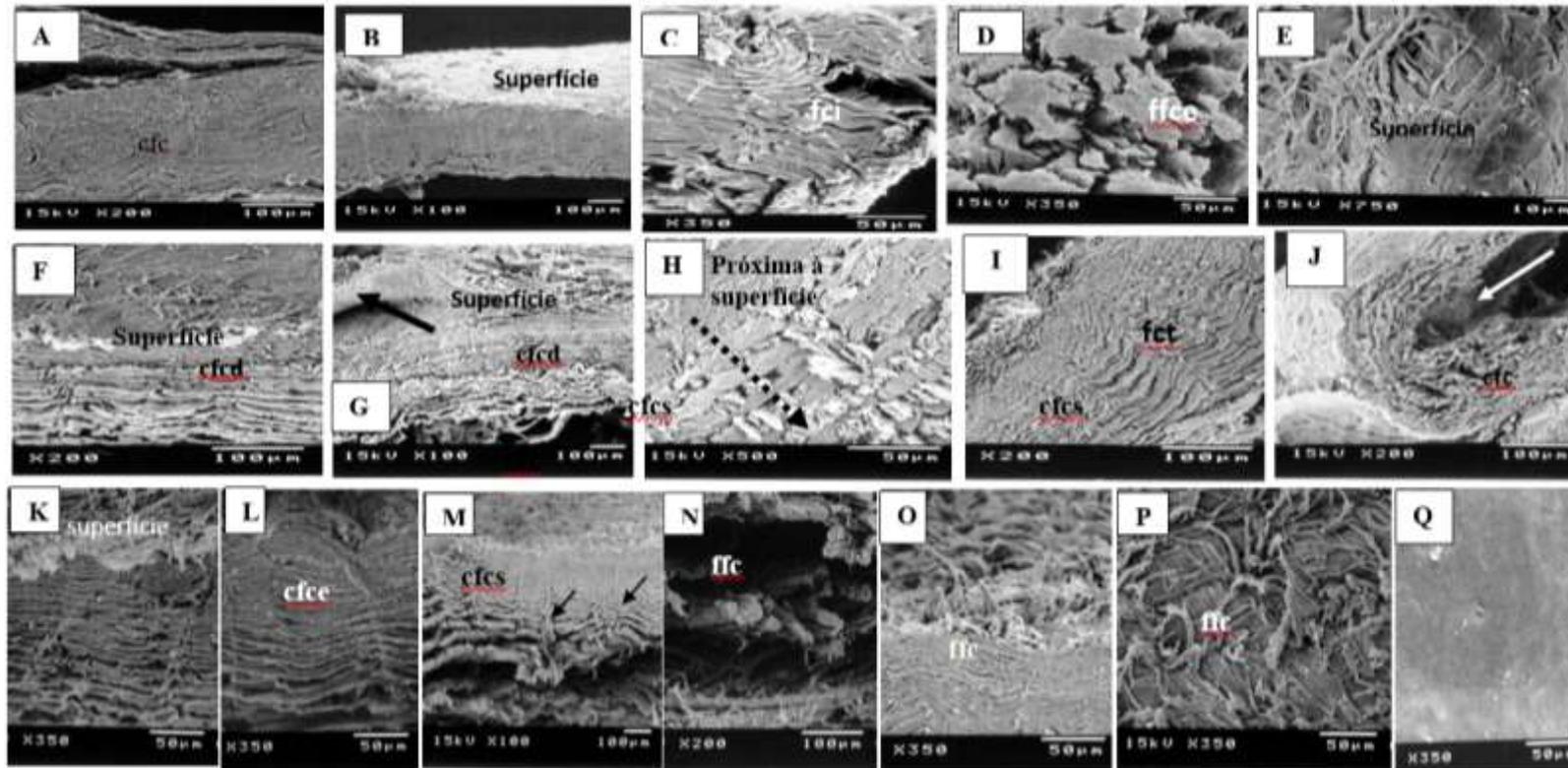
(Frankel, 1991). Na etapa de desengraxe, onde ainda as gorduras da pele estão sendo eliminadas e no piquel, em que as fibras estão sendo acidificadas para recebimento do curtente, nota-se que as fibras colágenas estão mais delgadas e espaçadas entre si (Figura 6 E). Observa-se a derme superficial ou lamélula com as fibras colágenas extremamente finas e sem definição da disposição e orientação das mesmas (Figura 6 F). Para evitar um intumescimento indesejado no piquel, segundo Rhein (1956) a quantidade de sal deve estar entre 6 e 10%, obtendo com isso um baumé de 6 a 10°Bé e para conseguir um melhor resultado deve ser utilizada uma combinação de ácidos fórmico e sulfúrico. As quantidades dos ácidos a serem empregadas dependem do teor de cal e da espessura da 1956).

No curtimento (Figuras 5H, I, J; 6 G), a pele deve estar limpa e isenta de todos os materiais que não interessam no produto final, para ser submetida à reação com diferentes produtos denominados agentes curtentes. Segundo Pasos (2002) e Hoinacki et al. (1994) os curtentes podem ser os taninos vegetais, sais minerais como o cromo, alumínio, zircônio, entre outros. Segundo Bickley (1993) o tipo de reação que ocorre no couro, na etapa de curtimento, varia com a razão do tanino para a proteína. O autor relata a importância em remover proteína interfibrilar antes do curtimento, porque esta, pode impedir a penetração dos reagentes e sua reação com o colágeno. Segundo Gutterres e Oertel (1998) o grau de isolamento das fibras é uma característica diferenciadora de um couro seco de uma pele seca. Pela secagem da pele (não curtida), a tensão superficial da água, e o grau de maciez e flexibilidade das fibras acarretam a aproximação e adesão entre elas. Como resultado do curtimento, as fibras secam isoladas uma das outras, não se aproximam mais na mesma extensão. A reação entre o colágeno e o agente curtente provoca o enrijecimento das fibras e pela evaporação da água surgem espaços internos (poros), a estrutura é menos compacta. A superfície livre das fibras e fibrilas, ou a superfície interna do couro é maior. Através das Figuras 5J e 6G, observa-se que nesta etapa do processo, as camadas de fibras, estão bem espaçadas entre si, facilitando com isso, a passagem dos reagentes e consequentemente as reações químicas.

O acabamento é a etapa final do processamento das peles de peixes, e engloba todos os processos e operações que se seguem ao curtimento. Estão incluídos os processos ou etapas de recurtimento, tingimento, engraxe, secagem, amaciamento e acabamento propriamente dito. Segundo Hoinacki et al. (1994), estas têm como finalidades definir as características físico-mecânicas, melhorar o aspecto do couro e atender às especificações do produto final.

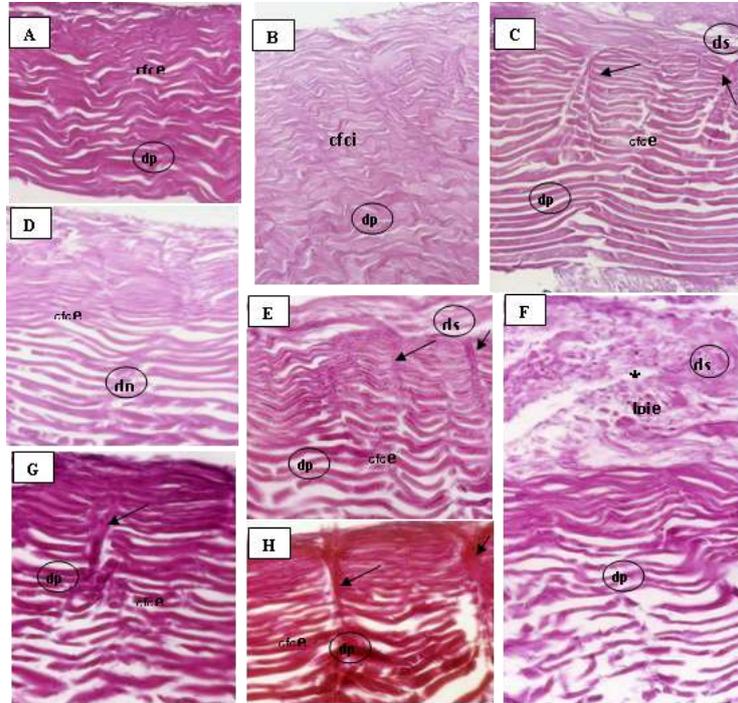
Nas etapas de neutralização (Figura 5K), recurtimento (Figura 5L) e engraxe (Figura 5M e N) nota-se que as camadas de fibras estão bem separadas entre si e o entrelaçamento forma uma rede complexa de fibras colágenas (Figura 6G). Observa-se que a espessura das camadas de fibras aumenta à medida que se aproxima da hipoderme (Figura 5H, I, K, L e M). O recurtimento é o processo em que se determina a qualidade do couro, como exemplo couros macios ou duros, elásticos ou rígidos, suaves ou ásperos, entre outras características (Pasos, 2002).

Figura 5. Eletromicrografias de varredura das etapas do processo de curtimento: **A) Remolho** - camadas de fibras colágenas juntas pela desidratação (cfc); **B e C) Caleiro**; **D e E) Lavagem após caleiro** - feixes de fibras colágenas espessos e espaçamento entre eles (ffec); fibras intumescidas (fci); **F e G) Desencalagem** - camadas de fibras colágenas após remoção dos álcalis, com espaçamento entre as camadas de fibras (cfcd); lamélula de proteção e inserção da escama (seta); **H, I e J) Curtimento** - camadas de fibras colágenas sobrepostas e dispostas em sentidos contrários (cfcs); fibras colágenas transversais (fct); camadas de fibras colágenas mais espessas à medida que se distancia da superfície da pele (sentido da seta pontilhada); local da inserção da escama na lamélula (seta); **K) Neutralização e L) Recurtimento** - camadas de fibras colágenas bem espaçadas (cfce); **M a N) Engraxe** - camadas de fibras sobrepostas após adição de óleos (cfcs); fibras colágenas transversais (seta); feixes de fibras colágenas (ffc); **O e P) Após engraxe** - fibras colágenas entrelaçadas sem a epiderme (fce); **Q) Após acabamento** - superfície do couro liso com filme de acabamento.



Fonte: Autores.

Figura 6. Fotomicrografias da derme da tilápia do Nilo, submetidas as diferentes etapas do curtimento: **A) Remolho;** **B) Após remolho;** **C) Caleiro;** **D) desencalagem;** **E) Desengraxa;** **F) Piquel;** **G) Curtimento,** **H) Engraxe.** Fibras colágenas transversais (seta); camadas de fibras colágenas espaçadas (cfce); camadas de fibras colágenas intumescidas (cfci); derme superficial (ds); derme profunda (dp); lamélula de proteção e inserção da escama (lpie e *). Coloração: HE e Objetiva: 20X.



Fonte: Autores.

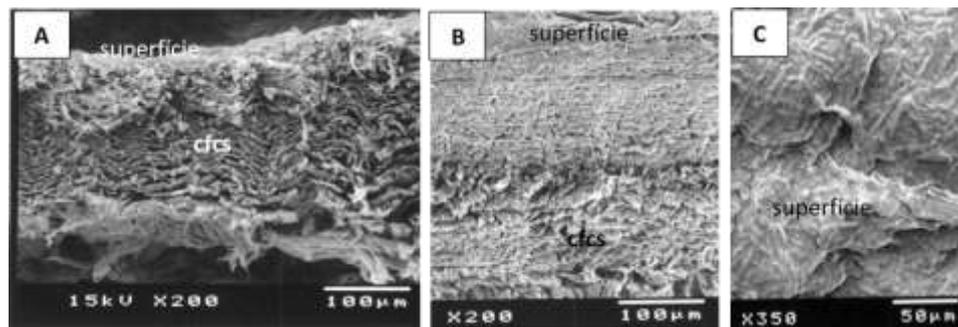
Com o engraxe (Figura 4M e N) as fibras da superfície da pele da tilápia do Nilo tornam-se mais soltas pela ação dos óleos utilizados nessa etapa do processo. O óleo envolve as fibras promovendo o deslizamento entre elas evitando a aglutinação das mesmas após a secagem. De acordo com Gutterres (2001) as substâncias de engraxe são introduzidas ao couro em estado úmido e irão revestir as superfícies das fibras e fibrilas proporcionando o deslizamento e mobilidade destas. A quantidade de óleos a ser utilizado no couro, segundo Pasos (2002), deve ser de pelo menos cinco vezes o peso de água. A principal finalidade do processo é garantir a maciez do couro após secagem.

Após secagem do couro as camadas de fibras colágenas ficaram mais próximas, e com o efeito mecânico do amaciamento observa-se que as fibras se mantiveram distanciadas umas das outras, ou seja, elas não ficaram aglutinadas (Figura 6 A). Esse efeito é muito importante para proporcionar a maior maciez e flexibilidade e conseqüentemente dar maior resistência ao couro. Segundo Gutterres (2001) depois dos curtentes, os óleos engraxantes são os agentes mais importantes para determinar as características desejadas para o couro.

De acordo com Gutterres (2001) no processo de transformação da pele em couro, ocorrem modificações químicas no colágeno da pele submetida ao curtimento, pois ao invés de água depositada, passa a ser ligada uma certa quantidade de substância curtente à estrutura. A diferença de uma pele sem curtir para uma curtida (couro) reside no grau de isolamento das fibras. A pele quando seca se torna transparente e possui estrutura compacta, as fibras colam-se umas às outras, enquanto o couro é poroso e volumoso. O mesmo autor, afirma que as fibras colágenas individuais curtidas são rígidas e relativamente isoladas uma das outras e com o engraxe é garantida a maciez desejada ao couro, devido à lubrificação ocorrida pelas substâncias de engraxe adicionadas na pele durante o processamento. Ainda, relata que as propriedades mecânicas do couro são influenciadas no engraxe, mais do que em qualquer outro processo de acabamento molhado. Em conseqüência do efeito lubrificante, o atrito

entre as fibras e fibrilas individuais diminui e proporciona ao couro maciez, flexibilidade e toque. A fragilidade e a característica quebradiça das fibras curtidas diminuem e a resistência ao rasgamento e a elasticidade, aumentam.

Figura 7. Eletromicrografias de varredura da pele de tilápia após processo de curtimento: **A) Couro semi-acabado** – pele curtida sem acabamento, com aplicação de elevada quantidade de óleos (40%) no engraxe; **B) Couro semi-acabado** – pele curtida sem acabamento, com aplicação de 8% de óleos na etapa de engraxe; camadas de feixes de fibras colágenas sobrepostas e bem separadas (cfcs); **C) Superfície do couro semi-acabado com excesso de curtente e recurtente** – mostra que o excesso de produtos pode sobrecarregar a estrutura fibrosa da pele curtida.



Fonte: Autores.

Após engraxe, os couros foram submetidos a secagem à sombra e amaciamento. Finalizando o processo de curtimento para couro semi-acabado (Figuras 4 O, P e 6 A, B).

Foi adicionada à pele da tilápia neste estudo, uma camada de combinados produtos químicos (ligantes à base de resinas ou caseínas, pigmentos ou anilinas, auxiliares como penetrantes, “fillers”, ceras, espessantes ou agentes de toque e lacas aquosas ou à base de solvente) para cobrir toda a superfície do couro (Figura 4 Q), dando-lhe uma característica própria de acordo com o desejado em cor (em função da cor aplicada anteriormente no tingimento, na etapa da parte molhada). Na Figura 4 Q, observa-se a deposição de produtos do curtimento, na superfície do couro, recobrendo todas as fibras colágenas. E na Figura 6 C, observam-se couros curtidos com sobreposição de produtos químicos na estrutura fibrosa da pele.

Composição centesimal da pele “in natura”

Pode-se verificar que analisando as peles provenientes de tilápia do Nilo em três classes de peso, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) quanto à composição centesimal, exceto para o teor de extrato etéreo. As peles dos peixes com mais de 601 g de peso corporal apresentaram um teor de extrato etéreo maior que as peles dos peixes de menor classe de peso (Tabela 1). A quantidade de gordura natural presente na pele influencia no processo de curtimento. Quanto maior for o teor de graxa, maior a quantidade de tensoativos e solventes que devem ser utilizados, ou mesmo, maior o tempo das etapas que envolvam a adição de tensoativos.

Sanchez e Araya (1990) relatam que a pele contém em torno de 0,4% de graxa. Todavia, de acordo com Almeida (1998) o alto teor de gordura existente em algumas espécies de peles de pescado, pode dificultar a penetração de substâncias químicas e curtente, que são utilizados em operações posteriores ao remolho, portanto, é necessário o desengraxe. Hoinacki (1989), cita que os lipídios em proporção superior a 4%, referida ao peso de pele seca, são prejudiciais às operações de curtimento

A pele como os outros tecidos do corpo, possui água, cuja percentagem é variável em função da espécie, o sexo e a idade. O teor de água da pele varia entre 60 e 70% (Hoinacki, 1989). Os valores observados neste estudo para pele de tilápia do Nilo estão de acordo como o mencionado por Hoinacki (1989).

Tabela 1. Valores médios de composição centesimal da pele “in natura” da tilápia do Nilo.

Classe de peso	Umidade (%)	Proteína (%)	Extrato etéreo (%)	Cinzas (%)
C1=500-600 g	70,19 a ⁽¹⁾	26,59 a	1,86 b	1,32 a
C2=601-700 g	68,62 a	26,95 a	2,00 a	2,19 a
C3=701-800 g	68,20 a	28,66 a	3,43 a	2,21 a
Teste F	2,72 ns	1,60 ns	5,68*	3,38 ns
C.V. (%)	2,01	6,99	34,49	37,06

⁽¹⁾Médias na mesma coluna com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P>0,05). *significativo (P<0,05) ns - não significativo (P>0,05). Fonte: Autores.

Na pele estão presentes várias proteínas, sendo as mais importantes o colágeno, a queratina, a elastina, as albuminas e as globulinas. Mas, para o curtidor as proteínas mais importantes são as três primeiras, denominadas fibrosas e as demais são as globulares (Hoinacki, 1989). Das fibrosas a principal é o colágeno, por reagir com o agente curtente, possibilitando a transformação do pele em couro.

4. Conclusão

Neste estudo observou-se que a pele de tilápia do Nilo assemelha-se a de outros teleósteos em sua organização estrutural. No entanto, a pele dessa espécie apresenta uma característica própria na epiderme e derme.

Em relação à epiderme, a quantidade e formato das células mucosas, distribuição dos melanóforos e ausência das células claviformes, podem estar associados ao ambiente de procedência da tilápia do Nilo. Quanto à derme, observou-se a forma de orientação e disposição das fibras colágenas, que são mais finas e espaçadas próximas à superfície, com fibras colágenas transversais ou perpendiculares, e fibras colágenas mais espessas e juntas à medida que se distanciam da superfície. Essa estrutura histológica proporciona uma amarração entre essas fibras colágenas, que permite consequentemente, maior resistência ao couro curtido.

As etapas do curtimento devem ser adequadas para a pele, para conseguir a reação dos reagentes com o material fibroso da derme e eliminação do material interfibrilar desnecessário, transformando assim, a pele num couro de qualidade e resistente.

As alterações observadas na derme, bem como a eliminação da epiderme, com todas as escamas, fazem-se necessárias para a obtenção de um excelente couro, com característica própria da espécie. Com um acabamento natural, consegue-se manter todo o desenho da flor típico da tilápia do Nilo, dificilmente imitável pela indústria do curtume, devido ao mosaico formado pelas lamélulas de proteção da inserção das escamas.

Referências

- Almeida, R. R. (1998). A pele de peixe tem resistência e flexibilidade? *Revista do Couro*, 127, 49-53.
- AOAC. (2005). *Official Methods Of analysis*. (18a ed.), Association of official analytical chemistry.
- Bickley, J. C. (1993). Taninos vegetais e curtimento. *Revista do Couro*, 94, 61-65.
- Dourado, D. M., Santos, H. L., Souza, M L R, Souza, H. A. & Lucena, V. M. (1998). Estudo comparativo da epiderme de dois peixes couro pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e o cachara (*Pseudoplatystoma fasciatus*) capturados no Rio Miranda. *Ensaios e Ciência (Campo Grande)*, 2, 129-239.
- Dourado, D. M., Souza, M. L. R., Leme Dos Santos, H. S., Matos, V. L., Coleta, V. C., Correa, F. F. & Stefanello, A. C. (1996). *Estrutura da pele do peixe piraputanga (Brycon sp), capturado no Rio Miranda (MS)*. In: Congresso Panamericano De Ciências Veterinárias, 15., Campo Grande. Resumos... Campo Grande: Somvet.
- Dourado, D. M., Souza, M. L. R., Leme Dos Santos, H. S., Matos, V. L., Stefanello, A. C. & Matos, V. L. (1996). *Estudo comparativo da estrutura morfológica em três regiões da pele do dourado (Salminus maxillosus)*. In: Congresso Panamericano De Ciências Veterinárias, 15., Campo Grande. Resumos... Campo Grande: Somvet.
- Farias, E. C. (1991). *O tegumento e o colorido dos peixes*. In: Semana Sobre Histologia De Peixes, 1., Jaboticabal. Palestras...: FUNEP.

- Farias, E. C. & Bezerra De Sá, F. (1995). *A pele e o colorido dos peixes significados comportamentais dos padrões cromáticos*. In: Semana Sobre Histologia De Peixes, 2, Jaboticabal. Resumos e Palestras... FUNEP.
- Fishelson, L. (1996). Skin morphology and cytology in marine eels adapted to different lifestyles. *Anatomical Record*, 246, 15-29.
- Frankel, A. M. (1991). *Tecnologia del cuero*. Albatros Saci.
- Grizzle, J. M. & Rogers, W. A. (1976). *Anatomy and histology of the channel catfish*. Auburn.
- Gutterres, M. (2001). *Distribuição, deposição e interação química de substâncias de engraxe no couro*. In: Congresso Da Federação Latino-Americana Das Associações Dos Químicos E Técnicos Da Indústria Do Couro, 15., Salvador. Anais.
- Gutterres, M. & Oetel, H. (1998). Determinação de porosidade de materiais de colagênio por adsorção física de gases. *Revista do Couro*, 122, 56-59.
- Harris, J. E. & Hunt, S. (1975). The fine structure of the epidermis of two species of Salmonid fish, the Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) and the Brown trout (*Salmo trutta* L.). *Cell and Tissue Research*, 163, 535-543.
- Hibiya, T. (1982). *An atlas of fish histology: normal and pathological features*. Kodansha Ltd.
- Hinton, D. E. & Laurén, D. J. (1990). Integrative histopathological approaches to detecting effects of environmental stressors on fishes. *American Fisheries Society Symposium*, 8, 51-66.
- Hoinacki, E. (1989). *Peles e couros: origens, defeitos, e industrialização*. (2a ed.), Henrique d'Ávila Bertaso.
- Hoinacki, E., Moreira, M. V. & Kiefer, C. G. (1994). *Manual básico de processamento do couro*. SENAI/RS, Estância Velha, Centro Tecnológico do Couro.
- Iger, Y. & Abraham, M. (1990). The process of skin healing in experimentally wounded carp. *Journal of Fish Biology*, 36, 421-437.
- Junqueira, L. C. U., Joazeiro, P. P., Montes, G. S., Menezes, N. & Pereira Filho, M. (1983a). The collagen fiber architecture of Brazilian naked skin. *Brazilian Journal Medicinal Biological Research*, 16, 313-316.
- Junqueira, L. C. U., Joazeiro, P. P., Montes, G. S., Menezes, N. & Pereira Filho, M. (1983b). É possível o aproveitamento industrial da pele dos peixes de couro? *Tecnicouro*, 5, 4-6.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R. & Passino, D. R. M. (1977). *Ichthyology*. John Wiley & Sons.
- Mittal, A. K. (1997). *Fish skin glands and their secretions*. In: International Symposium – Biology Of Tropical Fishes, Manaus. Anais.
- Mittal, A. K., Agarwal, S. K. & Banerjee, T. K. (1976). Protein and carbohydrate histochemistry in relation to the keratinization of the epidermis of *Barbus sophor* (Cyprinidae, Pisces), *Journal of Zoology*, 179, 1-7.
- Moreira, M. V. (1994). Depilação-calceiro. In: Hoinacki, E., Moreira, M. V. & Kiefer, C. G. (Ed.). *Manual básico de processamento do couro*. Porto Alegre: SENAI.
- Pasos, L. A. P. *Piel de pescado*. Disponível em: <http://www.cueronet.com/exoticas/pescado.htm>.
- Peixe BR (2021). Associação Brasileira da Piscicultura. *Anuário 2021- Peixe BR da Piscicultura*.
- Ralphs, J. R. & Benjamin, M. (1992). Chondroitin and keratan sulphate in the epidermal club cells of teleosts. *Journal of Fish Biology*, 40, 473-475.
- Rhein, L. A. (1956). *Manual da Basf: para a indústria de curtumes*. São Paulo: Companhia de Produtos Químicos Industriais.
- Sanchez, J. E. & Araya, L. A. R. (1990). *Estudo histológico del tegumento de las especies congrio, mero y anguila y sus procesos de ribeira*. In: Congresso Latinoamericano de Químicos y Técnicos del Couro, 11., Santiago de Chile, Anais.
- Souza, M. L. R. & Leme Dos Santos, H. S. (1995). *Análise microscópica comparada da pele da tilápia (*Oreochromis niloticus*), da carpa espelho (*Cyprinus carpio specularis*) e carpa comum (*Cyprinus carpio*)*. In: Semana sobre histologia de peixes, FCAVJ-UNESP, 2., 1995, Jaboticabal. Resumos e Palestras... Jaboticabal: FUNEP.
- Souza, M. L. R. (2003). Análise da pele de três espécies de peixes: histologia, morfometria e testes de resistência. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 1551-1559.
- Souza, M. L. R. (2004). O que fazer com as peles de peixes? *Panorama da Aqüicultura*, 14, 43 – 47.
- Storer, T. I. & Usinger, R. L. (1978). *Zoologia geral*. (4a ed.), Companhia Editora Nacional.
- Whitear, M. & Zaccane, G. (1984). Fine structure and histochemistry of club cells in the skin of three species of eel. *Jahrbuch für Morphologie und mikroskopische Anatomie. 2. Abteilung, Zeitschrift für mikroskopisch-anatomische Forschung*, 98, 481-501.