

## Proposta de utilização da microestrutura de pêlos-guarda para fins de estudos forenses e no controle de qualidade de alimentos

F. Silveira <sup>a,b,\*</sup>, M.A. Navarro <sup>a</sup>, P.K.A. Monteiro <sup>b</sup>, J. Quadros <sup>a,c</sup>,  
E.L.A. Monteiro-Filho <sup>a,b,d</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Departamento de Zoologia, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR) CP 19020, 81.531-970, Brasil.

<sup>b</sup> Instituto de Pesquisa Cananéia, Rua Tristão Lobo, 199, Centro, Cananéia (SP), 11.990-000, Brasil.

<sup>c</sup> Setor Litoral, Universidade Federal do Paraná, Matinhos (PR), 83260-000, Brasil.

<sup>d</sup> Departamento de Zoologia, Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR) CP 19020, 81.531-970, Brasil.

\*Endereço de e-mail para correspondência: fabianasilveira@ufpr.br. Tel.: +55-41-9676-7296.

Recebido em 30/11/2012; Revisado em 19/08/2013; Aceito em 26/08/2013.

---

### Resumo

A identificação de mamíferos através das características microscópicas de seus pêlos é possível com a utilização de várias técnicas tais como a análise dos padrões microestruturais encontrados nas escamas cuticulares e células medulares dos pêlos-guarda. Tais técnicas utilizadas comumente no reconhecimento de espécies podem também servir como ferramentas em estudos forenses e de controle de qualidade de alimentos. Neste sentido, este estudo tem por objetivo a identificação microscópica de pêlos-guarda de diferentes táxons domiciliares e peridomiciliares que possam ter ocorrência em locais de crime ou como contaminantes de alimentos. Foram utilizados pêlos-guardas coletados de coleções zoológicas e de espécimes vivos de gambás-de-orelha-preta e gambá-de-orelha-branca, camundongo, ratazana-de-casa, ratazana-de-esgoto, três espécies de morcegos, gato-doméstico, cão-doméstico e a espécie humana. Por meio do método utilizado, foram encontrados cinco padrões de cutícula: conoidal, ondeada, foliácea e losângica, sendo que a ondeada apresentou as variações lisa e ornamentada nas bordas das escamas. Para a medula foram encontrados seis padrões: ausente, presente unisseriada e presente multisseriada crivada, trabecular, matricial e alveolar. Com os resultados obtidos foi possível diferenciar todos os táxons abordados através da análise dos padrões microestruturais de seus pêlos-guarda, sendo os resultados apresentados em uma chave dicotômica ilustrada por fotomicrografia dos padrões.

*Palavras-Chave:* tricologia, ciências forenses, mamíferos domiciliares, pelos contaminantes de alimentos, identificação microscópica de pelos.

---

### Abstract

The identification of mammals through its microscopic hair characteristics is possible by using various techniques such as the analysis of microstructural patterns found in the cuticle scales and medullary cells of guard hairs. Such techniques commonly used in species recognition may also be a tool in forensic studies and food quality control. Thus, this study aims microscopic identification of guard hair of domiciliary and peri-domiciliary taxa who may occur at crime scenes or as food contaminants. Guard hairs collected from zoological collections and live specimens of two species of opossums, a mouse, two species of rats, three species of bats, domestic cats, domestic dogs and humans were used. By the methods applied we found five cuticle patterns: *conoidal*, *ondeada*, *foliácea*, *losângica* and the variations smooth and ornamented edges of the scales in the *ondeada* pattern. To the medullary cells were found six patterns: absent, present uniseriate and multiseriate crivada, trabecular, matricial e alveolar. With these results it was possible to differentiate all taxa addressed through the analysis of microstructural patterns by their guard hairs, and the results are presented in a dichotomous illustrated key.

*Keywords:* trichology, forensic sciences, domiciliary mammals, food-contaminating hairs, microscopic hair identification.

---

### 1. INTRODUÇÃO

Pêlos são estruturas queratinizadas anexas à epiderme dos mamíferos, sendo esta uma característica exclusiva [1], [2], [3], [4], [5]. Sua

origem evolutiva tem intrigado cientistas por séculos, tendo sido proposto por exemplo, que surgiu por meio de modificações em estruturas táteis de outros vertebrados como as escamas e penas [6], [1].

O seu crescimento ocorre a partir da proliferação de células que contém pigmentos e queratina, situadas no folículo piloso, uma invaginação da epiderme. Conforme o ápice do pelo se distânciava do folículo piloso as células tornam-se quase totalmente queratinizadas [3], [4].

O pêlo é constituído por três camadas sobrepostas, sendo cutícula a superfície externa, formada por escamas queratinizadas e transparentes, córtex que é a camada intermediária formada por células queratinizadas homogêneas e a medula que corresponde à parte central composta por células mortas de várias formas e arranjos com presença ou não de bolhas de ar entre elas [3], [5], [7], [8], [9], [10]. A sua coloração é uma resposta ao tipo e à concentração de melanina em sua formação que, em maior quantidade, proporciona o seu escurecimento e na sua ausência, o clareamento [11], [12].

Quanto aos tipos de pêlos, a classificação encontrada na literatura é bastante variável segundo Quadros & Monteiro-Filho [10], sendo assim, o presente estudo usou a proposta adaptada de Teerink [13], que classifica os pêlos em dois grupos, os sobrepêlos (“overhairs”), que incluem três tipos de pêlos-guarda (“guard hairs”, GH0, GH1 e GH2), e os subpêlos (“underhairs”, UH).

Os pêlos-guarda possuem duas partes características, a haste (“shaft”) que é a parte proximal do pelo em relação à epiderme, é mais delgada e varia entre reta e ondulada; e o escudo (“shield”), que se situa entre a haste e o ápice do pelo, é a parte mais espessa e concentra os pigmentos que proporcionam coloração à pelagem, sendo esta a sua principal função [9], [10]. Os subpêlos situam-se abaixo dos demais, são delgados, ondulados, curtos e em maior quantidade em relação aos pêlos-guarda, sua principal função é o isolamento térmico através da retenção de ar entre eles [2], [4], [10], [14], [15]. Além destas funções, outras como, percepção sensorial, proteção mecânica, bloqueio de radiação ultravioleta, isolamento hídrico e camuflagem também são atribuídas aos pêlos [1], [2], [10], [11], [16].

O estudo dos pêlos (tricologia) existe há mais de um século, tendo chamado a atenção de Sorby [17] que publicou uma pesquisa sobre os diferentes pigmentos que dão as cores aos cabelos humanos, porém, o estudo das microestruturas dos pêlos com o intuito de identificação surgiu com Hausman [7], que apresentou as características macroscópicas e microscópicas dos pêlos, com intuito de autenticar casacos de peles, subsequentemente novos estudos desenvolvidos por Hausman [7], [8], [18], [19], [20] formaram a base da identificação microscópica de pêlos.

A identificação de mamíferos através das características microscópicas de seus pêlos é possível com a utilização de várias técnicas sendo que com duas delas, a análise dos padrões microestruturais encontrados nos arranjos das escamas cuticulares e das células medulares dos pêlos-guarda [7], [8], [15], [18], [20], [21] é possível a identificação em nível de ordem e família [22], gênero, espécie e subespécie de alguns grupos dependendo do detalhamento da análise realizada [16], [23].

No entanto, para que essas técnicas tenham eficácia são indicadas na literatura algumas orientações como o uso da haste do pêlo-guarda para a identificação dos padrões cuticulares e o escudo para os medulares [10], pois segundo Kennedy [24] ocorrem mudanças nos arranjos das escamas cuticulares no sentido haste-escudo do pêlo-guarda deixando os padrões semelhantes entre espécies distintas, não possibilitando sua diferenciação ou induzindo ao erro na identificação dos padrões. Além disso, é indicado o uso de pêlos de espécimes adultos, pois em jovens os padrões podem ser confundidos entre espécies, devido à pelagem ser constituída quase totalmente por subpêlos sendo este inapropriado para a identificação microscópica de pêlos [25].

Desta forma a aplicação da tricologia como uma ferramenta na identificação de mamíferos se expandiu para várias áreas de estudo, p.ex. no levantamento de mamíferos de uma área [5], [14], [16], [17], [21], [22], [26], nos estudos de identificação de espécies [9], [15], [23], [24], [25], [27], [28], [29], [30], além do acréscimo de novas informações referentes à tricologia, como, propostas nomenclatórias [10] e formulações ou aperfeiçoamentos de novas técnicas e métodos de estudo [21], [31], [32], [33], [34].

No Brasil o uso da identificação microscópica de pêlos é recente em relação à outros países. Destacam-se os trabalhos de Quadros e Monteiro-Filho [21], [34] na área de aperfeiçoamento metodológico; Quadros e Monteiro-Filho [10] em relação à nomenclatura e descrição dos padrões tricológicos e de outros pesquisadores Martin *et al.*, [14], Vanstreels *et al.*, [15], Ingberman e Monteiro-Filho [25], Quadros e Monteiro-Filho [27], Müller [35] e Quadros [36] na utilização para a identificação de espécies.

A identificação microscópica de pêlos aplicada como ferramenta na investigação forense é de longa data, Hausman [8] através da análise de amostras tricológicas encontradas no corpo de uma criança suspeitou que a causa da morte fora o ataque de um felino, descartando a hipótese inicial de assassinato. Cinquenta anos depois (1994), foi registrado o caso do gato “Snowball” que através da identificação microscópica de seus pêlos em associação com a

análise de DNA levaram à condenação o réu suspeito de cometer o assassinato [37]. Sato *et al.* [38], recentemente fizeram o estudo de caso de uma investigação forense de violência contra animais domésticos, tornando a identificação microscópica de pêlos uma de suas principais ferramentas.

Considerando a relevância no reconhecimento de pêlos, Houck [39] elaborou uma extensa lista bibliográfica de trabalhos tricológicos com intuito de subsidiar esta área de estudo; Deedrick & Koch [40], [41] elaboraram guias para identificação de pêlos humanos e de animais como auxílio nas investigações criminais; e Oien [42] fez uma revisão das bases e históricos da identificação microscópica de pêlos na área forense.

Edmond Locard foi um dos primeiros cientistas a criar conceitos e definições para as Ciências Forense, como o “Princípio da Transferência de Evidências” propondo que toda vez que há contato entre duas superfícies haverá uma troca de material [42]. Dentre as evidências encontradas na cena de um crime os pêlos são frequentemente os mais encontrados [40], devido à constante queda provocada pelo ciclo de crescimento, sendo esta uma evidência física extremamente útil para demonstrar a associação entre um suspeito e a vítima, ou eliminar esta hipótese [42]. Apesar do consenso entre os cientistas de que a comparação microscópica de pêlos não constitui uma identificação absoluta de um indivíduo [41], a gama de informações extraídas pode servir como uma forte base de associação entre indivíduos, podendo ser apoiados por tecnologias como a análise de DNA mitocondrial (DNAm) que proporciona resultados de alta confiabilidade, desta forma, a análise tricológica se torna uma prova considerável de defesa aos investigadores e ao tribunal [42] sendo este tipo de prova aceito por anos como evidência oficial nos tribunais dos Estados Unidos [40].

Outra área de aplicação da tricologia que pretendemos contemplar neste estudo é a análise de matérias estranhas contaminantes de alimentos. Protocolos de pesquisa de sujidades estabelecidos por órgãos internacionais como a Food and Drug Administration (FDA) ou a Association of Analytical Chemistry (AOAC) e nacionais como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), incluem o diagnóstico da presença de pêlos nos alimentos [43].

Os mamíferos, de forma geral, realizam comportamentos de manutenção da pelagem lambendo e mordiscando. Ao fazê-lo acabam por ingerir seus próprios pêlos os quais são eliminados junto com as fezes. Ou seja, as fezes de certa espécie frequentemente contêm pêlos da mesma. Portanto, para os especialistas em análise de sujidades no

controle da qualidade de alimentos, é de interesse diagnosticar a presença de pêlos, particularmente de roedores (ratazanas e camundongos), pois é um indicativo de que o alimento teve contato com fezes desses roedores, as quais podem veicular uma série de organismos nocivos à saúde [44].

Segundo Olsen [45], estudos da FDA comprovaram alto grau de contaminação de alimentos por pêlos de morcegos devido à estocagem de forma inapropriada em local de alojamento desses animais. Pêlos de roedores e gatos foram detectados em amostras de milho em grãos analisadas por Atui *et al.* (1998) *apud* [46]; e pêlos de vaca foram encontrados em 75,9% das amostras de queijo analisadas por Correia & Roncada [47]. Segundo Correia *et al.* [48], pêlos de roedores foram isolados em 73,1% de amostras de canela em pó e 34,0% de páprica em pó comercializadas no Estado de São Paulo.

Desta forma, o presente estudo tem como principal objetivo contribuir com a escassa informação na literatura brasileira referente à identificação microscópica de pêlos aplicada à área forense e ao controle de qualidade de alimentos por meio da elaboração de uma chave dicotômica ilustrada que auxilie na identificação de táxons domiciliares, peridomiciliares e de interesse econômico, que possam ter ocorrência em locais de crime ou como contaminantes de alimentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de pêlos foram coletadas de animais taxidermizados ou fixados em meio líquido devidamente identificados do Laboratório Didático de Vertebrados da Universidade Federal do Paraná (Curitiba, PR), Museu de Ciências da Natureza (MCN, Curitiba, PR), Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ, Rio de Janeiro, RJ), Museu de História Natural do Capão da Imbuía (MHNCI, Curitiba, PR), Museum Vertebrate Zoology (MVZ, California, EUA) e de espécimes vivos em domicílios da cidade de Campinas (São Paulo) e Curitiba (Paraná). As espécies estudadas foram os didelfídeos: gambás-de-orelha-preta *Didelphis aurita* (Wied-Neuwied, 1826) e *D. marsupialis* (Linnaeus, 1758), gambá-de-orelha-branca *D. albiventris* (Lund, 1840); os murídeos: o camundongo *Mus musculus* (Linnaeus, 1758), ratazana-de-casa *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758) e a ratazana-de-esgoto *R. norvegicus* (Berkenhout, 1769); os morcegos molossídeos *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy Saint-Hilaire, 1824), *Molossus molossus* (Pallas, 1766), *M. rufus* (E. Geoffroy, 1805); o gato-doméstico *Felis catus* (Linnaeus, 1758), o cão-doméstico *Canis familiaris* (Linnaeus, 1758), e a

espécie humana *Homo sapiens* (Apêndice 1). Nos casos de *Didelphis* e de Molossidae e Muridae foram estudadas apenas algumas espécies a fim de caracterizar o gênero e as famílias, respectivamente. A escolha das espécies deu-se por poderem estar presentes na cena de crimes, visitar o corpo após a morte ou frequentar/ habitar locais de depósitos e manipulação de alimentos [41], [44], [45], Atui *et al.* 1998 *apud* [46].

Foi utilizado um método adaptado de Quadros e Monteiro-Filho [21] para a realização da coleta dos pêlos-guarda e preparação da lâminas tricológicas. A coleta de pêlos consiste em retirar com os dedos um tufo de pelos da parte dorsal entre as escapulas do espécime. Os pêlos foram acondicionados em envelopes de papel e identificados com nome da espécie e dados de origem. No caso da espécie humana, os pêlos foram coletados de braços, pernas e sobranceiras representando amostras de diferentes locais do corpo humano.

Com o auxílio de uma lupa apenas os pêlos-guarda (os maiores de cada amostra) foram selecionados. Os pelos foram então lavados com álcool a 70% e posteriormente secos em papel absorvente. Para as impressões das escamas cuticulares foi espalhada uma fina camada de esmalte incolor para unhas em uma lâmina, deixando secar por cerca de 20 minutos. Depois os pêlos foram colocados sobre a camada de esmalte e então prensados em uma pequena morsa entre dois pedaços de madeira com um fino isopor de superfície lisa, após cerca de 30 minutos os pêlos-guarda foram retirados com o auxílio dos dedos através do ápice.

Em seguida os pêlos foram imersos em uma solução de água oxigenada cremosa comercial 30 volumes e pó descolorante comercial por 80 minutos com o propósito de diafanizá-los para a análise morfológica da medula. Para obter um melhor resultado na diafanização, alguns pêlos foram lavados em água com detergente para a retirada de resíduos de gordura naturalmente presente nos pêlos, o que impediria uma diafanização com melhor resultado. Em pêlos espessos, o escudo foi cortado transversalmente duas ou três vezes com intuito de auxiliar a sua diafanização. Os pêlos foram então lavados em Placa de Petri, secos em papel absorvente e depois montados entre lâmina e lamínula permanentes tendo como meio de montagem Entellan® ou esmalte para unhas incolor. Para a visualização da medula foi utilizada a parte mais larga do escudo. Para a visualização das impressões cuticulares e da medula foi utilizado microscópio óptico nos aumentos de 100x e 400x. A nomenclatura dos padrões medulares e cuticulares

utilizada é a proposta por Quadros e Monteiro-Filho [10].

### 3. RESULTADOS

Foram analisadas 46 amostras de doze espécies e o número de amostras variou de acordo com a disponibilidade de material.

Foram encontrados cinco padrões de cutícula: conoidal, ondeada, foliácea e losângica, sendo que o ondeado apresentou as variações lisa e ornamentada nas bordas (Tab.(1)).

Para a medula foram encontrados seis padrões: ausente, presente unisseriada e presente multisseriada crivada, trabecular, matricial e alveolar (Tab. (2)).

Com o objetivo principal de diagnosticar os grupos taxonômicos aos quais pertencem as espécies domiciliares e peridomiciliares abordadas nesse estudo, não houve a necessidade de subdividir os padrões observados.

Com base nos padrões cuticulares e medulares encontrados, foi possível elaborar uma chave de identificação dicotômica para os táxons estudados.

### 4. DISCUSSÃO

Análises microestruturais dos pêlos-guarda tem sido utilizadas em diferentes estudos para fins de reconhecimento de espécies [5], [13], [14], [16], [23], [24], [27], [29], [40], [41], [49], [50], [51], [52], [53], [54], contudo, para fins forenses, pouco foi desenvolvido no Brasil [55].

A identificação das espécies através da microestrutura dos pêlos requer um alto grau de acurácia, sendo que o processo de aprendizado de leitura e diagnose das lâminas é lento como indicado por Ingberman & Monteiro-Filho [25], mas de grande eficácia quando aperfeiçoado.

Com relação à ausência de medula, morcegos e humanos não são os únicos mamíferos com esta característica, ela pode também estar presente nos *Xenarthra* (tatus, tamanduás e preguiças) [27]; a cutícula conoidal, encontrada nos morcegos, também está presente em espécies de pequenos marsupiais [27]; a cutícula foliácea é também encontrada em felinos silvestres [27]. Entretanto, nesses casos, com menor probabilidade de serem encontrados em locais de crime e como fonte de contaminação de alimentos.

A ausência de medula em *H. sapiens* depende da parte do corpo de onde provém o pelo. Na espécie humana há variações morfológicas significativas entre pêlos de diferentes partes do corpo [40]. Embora caracterização de pêlos pubianos seja informativa no

**Tabela 1.** Padrões cuticulares encontrados nos pêlos-guarda dos exemplares analisados (entre parênteses o número de amostras).

Cutícula		<i>Didelphis</i> spp. Gambás (9)	<i>H. sapiens</i> Humano (6)	Molossidae Morcegos (6)	<i>F. catus</i> Gato (10)	<i>C. familiaris</i> Cão (10)	Muridae Ratos (5)
Pavimentosa	Ondeada com bordas ornamentadas (Fig.(1c))		X				
	Ondeada com bordas lisas (Fig.(2a))	X				X	
	Losângica (Fig.(2b))				X		
Imbricada	Conoidal (Fig.(1a))			X			
	Folidácea (Fig.(1b))						X

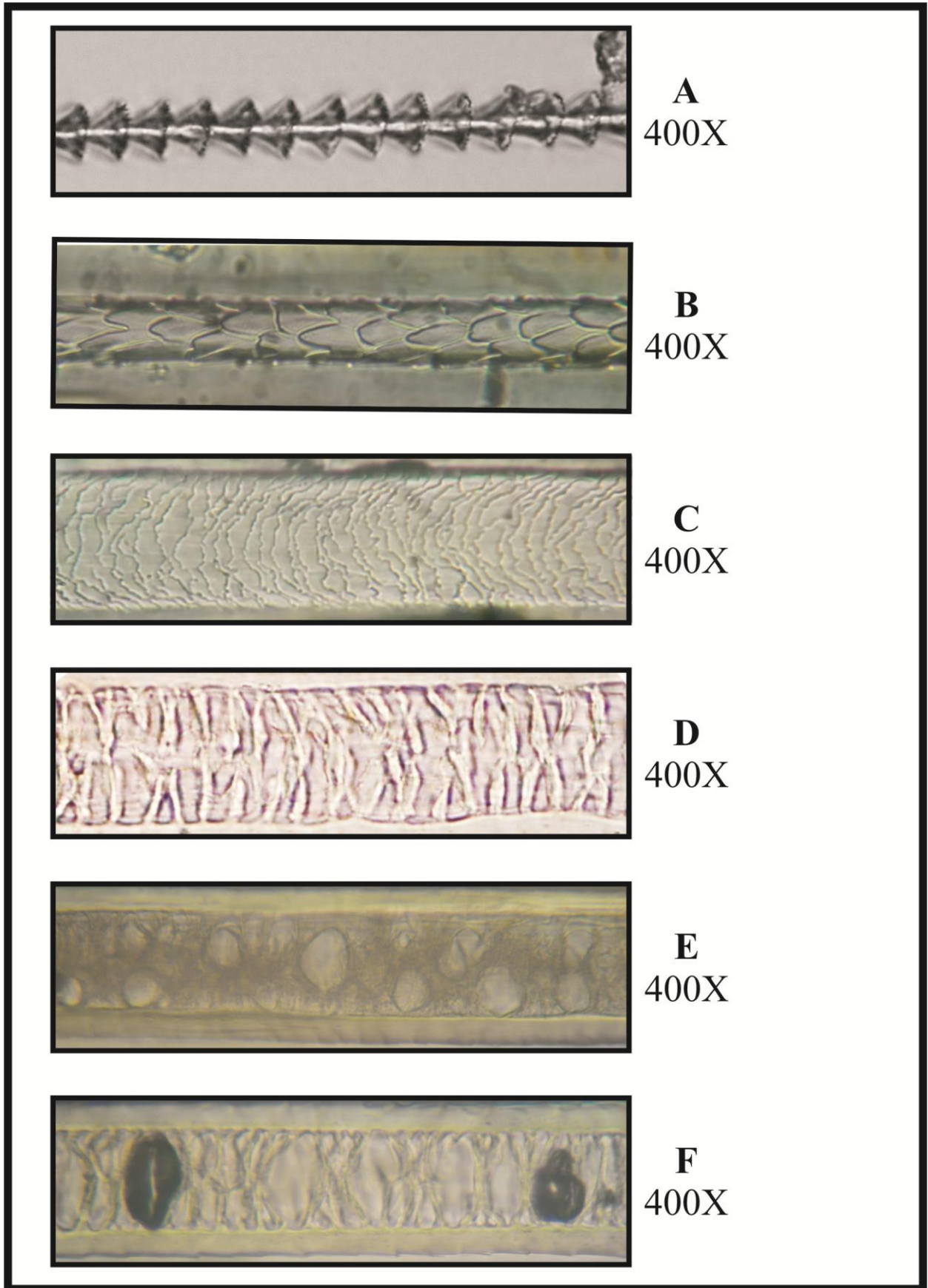
**Tabela 2.** Padrões medulares encontrados nos pêlos-guarda dos exemplares analisados (entre parênteses o número de amostras)

Medula		<i>Didelphis</i> spp. Gambás (9)	<i>H. sapiens</i> Humano (6)	Molossidae Morcegos (6)	<i>F. catus</i> Gato (10)	<i>C. familiaris</i> Cão (10)	Muridae Ratos (5)
Ausente (Fig.(2c))			X	X			
Unisseriada (Fig.(2d))			X				
Multisseriada	Crivada (Fig.(1d))	X					
	Trabecular (Fig.(1f))				X		
	Matricial (Fig.(1e))					X	
	Alveolar (Fig.(2e))						X

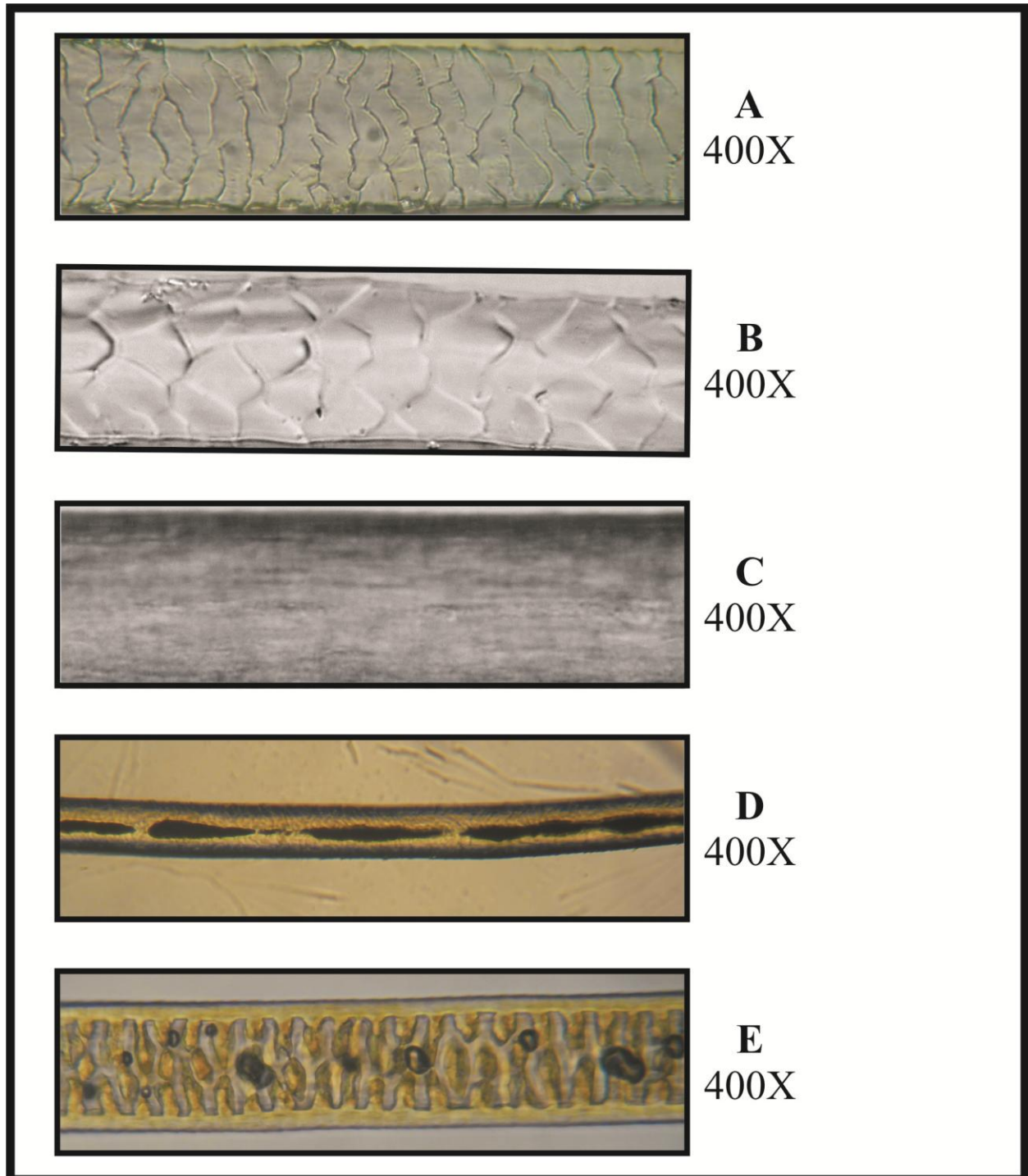
### Chave de identificação\*

- 1 a. cutícula conoidal .....Molossidae (Fig. (1a))  
 b. cutícula de outro tipo.....2
- 2 a. cutícula folidácea.....Muridae (Fig. (1b))  
 b. cutícula ondeada.....3
- 3 a. cutícula ondeada transversal com bordas ornamentadas.....Hominidae [*Homo sapiens* (Fig. (1c))]  
 b. cutícula ondeada com bordas lisas.....4
- 4 a. medula crivada.....Didelphidae [*Didelphis* spp. (Fig. (1d))]  
 b. medula de outro tipo.....5
- 5 a. medula matricial.....Canidae [*Canis familiaris* (Fig. (1e))]  
 b. medula trabecular..... Felidae [*Felis catus* (Fig. (1f))]

\* quando houver o nome de gênero e/ou espécie após ao da família, a característica apresentada não corresponde a toda a família, mas sim ao táxon que segue.



**Figura 1.** Fotomicrografia dos padrões microestruturais diagnosticados apresentados na chave dicotômica para a identificação dos espécimes estudados. Cutícula: (A) Conoidal, (B) Folidácea, (C) Ondeadas com bordas ornamentadas / Medula: (D) crivada, (E) matricial, (F) trabecular.



**Figura 2.** Fotomicrografia de outros padrões microestruturais citados no texto, não priorizados na chave de identificação. Cutícula: (A) Ondeadas com bordas lisas, (B) Losângica./ Medula: (C) Ausente, (D) Unisseriada descontínua, (E) Alveolar.

caso de crimes que envolvem violência sexual, a diferenciação entre pêlos de diferentes partes do corpo humano não foi objeto desse estudo.

Apesar de haver grande variação no comprimento, coloração, espessura e textura dos pêlos que compõe a pelagem de cães e gatos domésticos de diferentes raças, os padrões cuticulares e medulares observados para as duas espécies (*C. familiaris* e *F. catus*) foram

constantes para todos os dez exemplares de cada espécie analisados [13], [23], [24], [29], [40], [41], [53], [54].

## 5. CONCLUSÕES

O uso da microestrutura dos pêlos é um método de baixo custo, acesso fácil e rápida realização. A

identificação de grupos taxonômicos (táxons não específicos) pode ser mais facilmente executada pelo perito criminal porque as características utilizadas e suas variações são mais evidentes. Entretanto, identificações de espécies podem requerer a diferenciação entre padrões morfológicamente muito semelhantes tornando a diagnose mais difícil.

O estudo buscou abordar algumas espécies que podem ocorrer em cenas de crimes e locais de manipulação ou depósito de alimentos, possibilitando assim que novos estudos incluam outras espécies de interesse, inclusive o aprofundamento da análise de pelos de diferentes partes do corpo humano, e de diferentes etnias.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Dra. Tereza Cristina Castellano Margarido e ao Dr. Michel Miretzki do Museu de História Natural do Capão da Imbuia (MHNCI); ao Dr. João Alves Oliveira do Museu Nacional do Rio de Janeiro (MNRJ); à Dra. Tatiane Regina Moreno do Museu de Ciências da Natureza da Universidade Tuiuti do Paraná (MCN); ao Dr. Ivan Sazima do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC); ao Dr. James L. Patton do Museum of Vertebrate Zoology (MVZ) pela autorização de coleta das amostras tricológicas. Agradecemos às pessoas que doaram as amostras de pelos humanos e de seus animais domésticos. À professora Dra. Thelma Ludwig do Departamento de Botânica Universidade Federal do Paraná pelo empréstimo do equipamento para a retirada de algumas fotos (Equipamento obtido pelo processo 555397/2006-8 do Ed. MCT/ CNPq/CTHidro). Aos revisores do manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. K. Ling. Pelage and molting in wild mammals with special reference to aquatic forms. *Quarterly Review of Biology* **45**(1):16-54 (1970).
- [2] P. Myers; R. Espinosa; C. S. Parr; T. Jones; G. S. Hammond; T. A. Dewey. Hair a uniquely mammalian characteristic. *The Animal Diversity Web* (1997). Retirado em 31/01/2011 de <http://animaldiversity.unmz.umich.edu/anat/hair.html>.
- [3] C. P. Hickman Junior; L. S. Roberts; A. Larson. *Integrated Principles of Zoology*. 11ª Edição. McGraw-Hill Companies, United States of America (2001) 983p.
- [4] S. A. Miller; J. B. Harley. *Zoology*. 5ª Edição. McGraw-Hill Companies, United States of America (2001).
- [5] J. M. Pech-Canché; J. E. Sosa-Escalante; M. E. K. Cruz. Guía para la identificación de pelos de guardia de mamíferos no voladores del estado de Yucatán, México. *Rev. Mexicana de Mastozoología*, **13**: 7-33 (2009).
- [6] H. Elias; S. Bortner. On the phylogeny of hair. *Am Mus of Natural History* **1820**: 1-15 (1957).
- [7] L. A. Hausman. The microscopic identification of commercial fur hairs. *Scientific Monthly* **10** (1):70-78 (1920a).
- [8] L. A. Hausman. Applied microscopy of hair. *Scientific Monthly* **59**(3):195-202 (1944).
- [9] D. Cowell; G. Thomas. A key to the guard hairs of British canids and mustelids. *Brit Wildlife, England* **11**:118-120 (1999).
- [10] J. Quadros; E. L. A. Monteiro-Filho. Revisão conceitual, padrões microestruturais e proposta nomenclatória para os pelos-guarda de mamíferos brasileiros. *Rev Bras Zool* **23**(1): 279-296 (2006b).
- [11] F. H. Pough; J. B. Heiser; W. N. McFarland. *A Vida dos Vertebrados*. Athena, São Paulo (1999).
- [12] E. Y. Ionashiro; T. R. S. Hower; F. L. Fertoni; E. T. de Almeida; M. Ionashiro. Application of differential scanning calorimetry in hair samples as a possible tool in Forensic Science. *Eclética Química* **29**(2): 53-56 (2004).
- [13] B.J. Teerink. *Hair of west European mammals: atlas and identification Cambridge*. Cambridge University Press, Reino Unido (1991) 224p.
- [14] P. S. Martin; C. Gheler-Costa; L. M. Verdade. Microestruturas de pelos de pequenos mamíferos não-voadores: chave para identificação de espécies de agroecossistemas do estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotrop.* **9**(1) (2009). Retirado em 06/04/2011 de <http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/pt/fullpaper?bn01509012009+pt>.
- [15] R. E. T. Vanstreels; F. P. Ramalho; C. H. Adania. Microestrutura de pelos-guarda de felídeos brasileiros: considerações para a identificação de espécies. *Biota Neotrop.* **10**(1): 333-337 (2010).
- [16] I. I. B. Ibarra; V. Sánchez-Cordero. Catálogo de pelos de guardia dorsal en mamíferos del estado de Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología - Serie Zoología* **75** (2):383-437 (2004).
- [17] H. C. Sorby. On the colouring matters found in human hair. *J Anthropol* **8**: 1-14 (1879).
- [18] L. A. Hausman. Structural characteristics of the hair mammals. *Am Nat* **54**(635): 496-523 (1920b).
- [19] L. A. Hausman. Further studies of the relationships of the structural characters of mammalian hair. *Am Nat* **58** (659): 44-557 (1924).
- [20] L. A. Hausman. Recent studies of hair structure relationships. *Sci Mon* **30**(3): 258-277 (1930).



- [21] J. Quadros; E. L. A. Monteiro-Filho. Coleta e preparação de pelos de mamíferos para identificação em microscopia óptica. *Rev Bras Zool* **23**(1): 274-278 (2006a).
- [22] D. E. Vázquez; P. G. Perovic; A. A. Olsen. Patrones cuticulares y medulares de pelos de mamíferos del noroeste argentino (Carnivora y Artiodactyla). *J. Neotropical Mammalogy* **7**(2): 131-147 (2000).
- [23] A. Keller. Etude de la structure fine des jarres dorsaux de quelques Canidés sauvages et domestiques du genre Canis (Mammalia: Canidae). *Rev Suisse Zool* **91**(4): 973-992 (1984).
- [24] A. J. Kennedy. Distinguishing characteristics of the hairs of wild and domestic canids from Alberta. *Can J. Zoolog* **60**:536-541 (1982).
- [25] B. Ingberman; E. L. A. Monteiro-Filho. Identificação microscópica dos pelos das espécies brasileiras de *Alouatta* Lacépède, 1799 (Primates, Atelidae, Alouattinae). *Arquivos do Museu Nacional* **64**(1): 61-71 (2006).
- [26] L. Faliu; Y. Lignereux; J. Barrat; J. Rech; J. Y. Sautet. Etude en microscopie optique des poils (pili) de la faune pyrénéenne sauvage en vue de leur détermination. *Zentralblatt Vet. Med. C Anat. Histol. Embryol.* **8**: 307-317 (1979).
- [27] J. Quadros; E. L. A. Monteiro-Filho. Identificação dos mamíferos de uma área de floresta atlântica utilizando a microestrutura de pelos-guarda de predadores e presas. *Arquivos do Museu Nacional* **68**(1-2): 47-66 (2010).
- [28] J. A. Homan; H. H. Genoways. An analysis of hair structure and its phylogenetic implications among heteromyid rodents. *J Mammal* **59** (4):740-760 (1978).
- [29] H. Hilton; N. P. Kutscha. Distinguishing characteristics of the hairs of eastern coyote, domestic dog, red fox and bobcat in Maine. *Am Midl Nat* **100**: 223-227 (1978).
- [30] A. Wolfe; A. M. Long. Distinguishing between the hair fibres of the rabbit and the mountain hare in scats of the red fox. *J Zool* **242**(74): 370-375 (1997).
- [31] P. L. Kirk; S. Magagnose; D. Salisbury. Casting of hairs - its technique and application to species and personal identification. *J Crim Law Crim* **40**(2):236-241 (1949).
- [32] V. H. H. Williamson. Determination of Hairs by Impressions. *J Mammal* **2**(1): 80-84 (1951).
- [33] E. L. Weingart. A simple technique for revealing hair scale patterns. *Am Midl Nat* **90**(2): 508-509 (1973).
- [34] J. Quadros; E. L. A. Monteiro-Filho. Effects of digestion, putrefaction and taxidermy processes on *Didelphis albiventris* hair morphology. *J Zool* **244**: 331-334 (1998).
- [35] M.V.Y. Müller. Microestrutura de pelos de mamíferos: métodos de análise e sua aplicação na identificação de algumas espécies do Estado do Paraná, Brasil. *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná (1989).
- [36] J. Quadros. Identificação microscópica de pelos de mamíferos brasileiros e sua aplicação no estudo da dieta de carnívoros. *Tese de Doutorado*, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná (2002).
- [37] M. S. Menotti-Raymond; V. A. David; S. J. O'Brien. Pet cat hair implicates murder suspect. *Nature* **386**: 774 (1997).
- [38] I. Sato; S. Nakaki; K. Murata; H. Takeshita; T. Mukai. Forensic hair analysis to identify animal species on a case of pet animal abuse. *Int J Legal Med* **124**: 249-256 (2009).
- [39] M. M. Houck. Hair bibliography for the forensic scientist. *Forensic Science Communications- FBI* **4**(1): 2002. Retirado em 01/02/2011 de <http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2002/houck.htm>.
- [40] D. W. Deedrick; S. L. Koch. Microscopy of hair Part I: A practical guide and manual for human hairs. *Forensic Science Communications - FBI* **6**(1) (2004a). Retirado em 31/01/2011 de [http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2004/research/2004\\_01\\_research01b.htm](http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/jan2004/research/2004_01_research01b.htm)
- [41] D. W. Deedrick; S. L. Koch. Microscopy of Hair Part II: A practical guide and manual for animal hairs, *Forensic Science Communications - FBI* **6**(3) (2004b). Retirado em 31/01/2011 de [http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/july2004/research/2004\\_03\\_research02.htm](http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/july2004/research/2004_03_research02.htm)
- [42] C. T. Oien. Forensic hair comparison: background information for interpretation. *Forensic Science Communications - FBI* **1**(2) (2009). Retirado em 01/02/2011 de [http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/review/2009\\_04\\_review02.htm](http://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/review/2009_04_review02.htm)
- [43] A. R. Olsen; J. S. Gecan; G. C. Giobro; J. R. Bryce. Regulatory action criteria for filth, and other extraneous material. V. Strategy for evaluating hazardous and non hazardous filth. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **33**: 363-392 (2001).
- [44] A. W. Vazquez. Structure and identification of common food-contaminating hairs. *J. of the AOAC International* **44** (4): 754-779 (1961).
- [45] A. R. Olsen. Distinguishing common food-contaminating bat hairs from certain feather barbules.

*Journal of the AOAC International* **64**(4): 786-791 (1981).

[46] A. P. S. Balbani; O. Butugan. Contaminação biológica de alimentos. *Pediatria (São Paulo)* **23**(4): 320-328 (2001).

[47] M. Correia; M. J. Roncada. Características microscópicas de queijos prato, mussarela e mineiro comercializados em feiras livres da Cidade de São Paulo. *Rev. Saúde Pública* **31** (3): 296-301 (1997).

[48] M. Correia; V.S.M.G. Daros; R. P. Silva. Matérias estranhas em canela em pó e páprica em pó, comercializadas no Estado de São Paulo. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **20**(3): 1-9 (2000).

[49] F. A. Benedict. Hair structure as a generic character in bats. *University of California Publications in Zoology* **59**: 285-548 (1957).

[50] J. Quadros. Identificação microscópica de pelos de marsupiais brasileiros. In: N. C. CÁ CERES (org.). *Marsupiais do Brasil*. 2ed. Editora da UFMS. Brasil (2012) 498p.

[51] M. S. L. Abreu; A. U. Christoff; E. M. Vieira. Identificação de marsupiais do Rio Grande do Sul através da microestrutura dos pelos-guarda. *Biota Neotrop.* **11**(3): 391-400 (2011).

[52] H. L. Short. Analysis of cuticular scales on hairs using the scanning electron microscope. *J. Mamm* **59** (2): 261-268 (1978).

[53] C. Chehébar; S. Martín. Guía para el reconocimiento microscópico de lós pelos de lós mamíferos de la Patagonia. *Doñana, Acta Vertebrata* **16** (2): 247-291 (1989).

[54] M. A. Navarro. Comparação dos padrões microestruturais dos pelos-guarda de canídeos domésticos e silvestres brasileiros. *Trabalho de Conclusão de Curso*. Universidade Tuiuti do Paraná (2011).

[55] C. L. Augustynczyk; E. B. Vaz, M. C. S. Novak, S. M. R. Grassano. Pelos humanos e animais: estudo

comparativo aplicado à ciência forense. *Rev. Polícia Civil* **7**: 43-57.

## APÊNDICE

### Material Examinado

- *Didelphis aurita* (Wied-Neuwied, 1826) (n=4) **MCN: \***, **Laboratório Didático de Vertebrados da Universidade Federal do Paraná.**

- *Didelphis albiventris* (Lund, 1840) (n=3) **MCN: \***, **Laboratório Didático de Vertebrados da Universidade Federal do Paraná.**

- *Didelphis marsupialis* (Linnaeus, 1758) (n=2) **MVZ: 190253, MNRJ: 30148.**

- *Mus musculus* (Linnaeus, 1758) (n=2) **MHNCI: 5920, Laboratório Didático de Vertebrados da Universidade Federal do Paraná.**

- *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758) (n=1) **Laboratório Didático de Vertebrados da Universidade Federal do Paraná.**

- *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) (n=2) **MHNCI: 0363, Laboratório Didático de Vertebrados da Universidade Federal do Paraná.**

- *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy Saint-Hilaire, 1824) (n=2) **ZUEC: 01022, 0772.**

- *Molossus molossus* (Pallas, 1766) (n=2) **ZUEC: 01985, 02013.**

- *Molossus rufus* (E. Geoffroy, 1805) (n=2) **ZUEC: 0277, 01451.**

- *Felis catus* (Linnaeus, 1758) (n=10) **Doação de espécime vivo.**

- *Canis familiaris* (Linnaeus, 1758) (n=10) **Doação de espécime vivo.**

- *Homo sapiens* (n=6) **Doação de espécime vivo.**

\*Provisoriamente sem número de tombo.