

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**HISTOMORFOMETRIA DO BULBO DO OLHO DE  
PENEIREIRO-DE-DORSO-MALHADO (*Falco tinnunculus* -  
LINNAEUS, 1758)**

**CINTHIA GRAZIELA CANDIOTO**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karin Werther**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária (Patologia Veterinária).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
2011

Candioto, Cinthia Graziela  
C217h Histomorfometria do bulbo do olho de peneireiro-de-dorso-  
malhado (*Falco tinnunculus* – LINNAEUS, 1758) / Cinthia Graziela  
Candioto. – – Jaboticabal, 2011  
xvi, 73 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011  
Orientadora: Karin Werther  
Banca examinadora: Fabiano Montiani-Ferreira, Rosimeri de  
Oliveira Vasconcelos  
Bibliografia

1. Córnea. 2. Coróide. 3. *Falco tinnunculus*. 4. Histomorfometria  
I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:617.7:598.279.23

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal.

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**CINTHIA GRAZIELA CANDIOTO** – Nascida em 24 de março de 1979, em Limeira - SP, graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual Paulista – FOA/UNESP – Câmpus de Araçatuba, em dezembro de 2006. Durante o período de graduação foi bolsista de Iniciação Científica da FAPESP durante um ano (2005 - 2006) na área de Patologia Veterinária. Participou do Programa de Aprimoramento em Medicina Veterinária, área Medicina de Animais Selvagens nos anos de 2007 a 2009, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal. Em março de 2009 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária (Área de Patologia Veterinária) da mesma instituição de ensino.

*"A grandeza de uma nação pode ser julgada pelo modo que  
seus animais são tratados."  
Mahatma Gandhi*

*Dedico*

Aos meus pais, por me incentivarem a amar os animais e  
querer tratá-los.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me darem força em todos os momentos difíceis e permitir ser a pessoa que sou hoje.

À minha irmã Daniele e meu sobrinho Arthur, por compartilhar todos os momentos comigo e também pela paciência e compreensão das minhas ausências.

Ao meu namorado Rodrigo que sempre esteve ao meu lado, me apoiando em todas as horas e aprendendo muito sobre animais selvagens.

À minha orientadora, Professora Doutora Karin Werther, pela oportunidade de aprender muito sobre clínica e patologia de animais selvagens, mas também a importância de ser um profissional correto e dedicado.

Aos membros da banca de qualificação e defesa pelas importantes contribuições na melhoria deste trabalho.

As minhas grandes amigas muito mais que companheiras do ambulatório de animais selvagens e patologia veterinária, Aline, Juliana e Eliane, cada uma teve uma participação importante na minha vida.

As minhas amigas da república antiga, Sandra e Carol, e da atual república Misto Quente, Aline, Komi, Artur, Carioca e Fabiana, por todos os momentos bons que passamos e pela amizade que, tenho certeza, será por muitos anos.

Ao professor Alessi por me emprestar o microscópio para que eu pudesse bater fotos das minhas lâminas.

Ao professor Gener por realizar a parte estatística do meu trabalho e pela paciência em me explicar a análise dos resultados.

Agradeço ao CNPQ pelo auxílio concedido na forma de bolsa.

À Klinik für Vögel da Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) da Alemanha pelo envio do material.

A todas as aves, pela contribuição nessa pesquisa.

Muito obrigada a todos!

**SUMÁRIO**

	Página
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Resumo.....	xv
Summary.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Peneireiro-de-dorso-malhado ( <i>Falco tinnunculus</i> ).....	3
2.2. Olhos das aves.....	4
2.2.1. Córnea.....	10
2.2.2. Retina.....	12
2.2.3. Coróide.....	15
2.2.4. Esclera.....	16
2.3. Doenças sistêmicas X afecções oculares.....	17
3. OBJETIVOS.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1. Colheita e preparação do material.....	19
4.2. Análise histomorfométrica das estruturas oculares.....	22
4.3. Análise estatística.....	25
5. RESULTADOS.....	26
5.1. Córnea.....	26
5.2. Retina, coróide e esclera.....	31
6. DISCUSSÃO.....	38
6.1. Córnea.....	38
6.2. Retina.....	41

6.3. Coróide.....	42
6.4. Esclera.....	43
7. CONCLUSÃO.....	44
8. REFERÊNCIAS.....	45

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Classificação dos pontos em relação aos olhos direitos e esquerdos.....	24
<b>Tabela 2.</b> Demonstração do número total de medidas realizadas nas camadas da córnea (total, epitelial, média e endotelial) de <i>Falco tinnunculus</i> em seus respectivos pontos (A, B e C), nos olhos direito (OD/ a, b, c) e esquerdo (OE/ a', b', c') e em machos (M) e fêmeas (F)....	26
<b>Tabela 3.</b> Média, desvio-padrão e intervalo das espessuras, em micrômetros, da córnea, nos pontos (A, B e C) das camadas (total, epitelial, média e endotelial) do olho direito (a, b, c) e esquerdo (a', b', c') em machos (M) e fêmeas (F) das aves da espécie <i>Falco tinnunculus</i> .....	27
<b>Tabela 4.</b> Interação entre os pontos A, B e C e a camada total da córnea das aves da espécie <i>Falco tinnunculus</i> pelo teste de Tukey, independente dos olhos e dos sexos das aves.....	28
<b>Tabela 5.</b> Interação entre os pontos (A, B e C) e as camadas (total, epitelial, média e endotelial) da córnea das aves da espécie <i>Falco tinnunculus</i> pelo teste de Tukey.....	31
<b>Tabela 6.</b> Demonstração do número total de medidas realizadas nos pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) na retina, coróide e esclera, nos os olhos direito (OD = i, ii, iii, iv, v, vi) e esquerdo (OE = i', ii', iii', iv', v', vi') de machos (M) e fêmeas (F) de <i>Falco tinnunculus</i> .....	32

**Tabela 7.** Valores das médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ), desvio-padrão e intervalo dos valores da retina, coróide e esclera nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) do globo ocular direito (i, ii, iii, iv, v, vi) e esquerdo (i', ii', iii', iv', v', vi') em machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*..... 33

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Espécie <i>Falco tinnunculus</i> (peneireiro-de-dorso-malhado).....	<b>3</b>
<b>Figura 2.</b> Formatos do globo ocular nas diferentes espécies de aves. (A) Formato globoso. (B) Formato tubular. (C) Formato plano.....	<b>5</b>
<b>Figura 3.</b> Diferenças anatômicas na região orbital em crânios macerados de aves. (A) Crânio de um psitaciforme indicando (seta) o osso denominado arco suborbital. (B) Crânio de uma ave de rapina diurna indicando (seta) o osso denominado de processo supraorbital....	<b>6</b>
<b>Figura 4.</b> Globo ocular esquerdo de <i>Falco tinnunculus</i> , com evidenciação do pecten (seta).....	<b>6</b>
<b>Figura 5.</b> Diferenças anatômicas do pecten das aves. (A) Pecten de uma pomba, em forma de dobras. (B) Pecten de um avestruz, em forma de bandeira.....	<b>7</b>
<b>Figura 6.</b> Diferenças anatômicas entre o anel de ossículos esclerais das aves. (A) Localização do ossículo escleral (setas) do bulbo do olho das aves. (B) Ossículo escleral de uma ave de rapina. (C) Ossículo escleral de uma galinha.....	<b>9</b>
<b>Figura 7.</b> Aspecto morfológico da fóvea e do pecten dos olhos das aves. (A) Fóvea (seta vermelha) e pecten (seta amarela). (B) Esquema de localização da fóvea (setas vermelhas) e do pecten (setas amarelas) em uma ave de rapina.....	<b>10</b>

<b>Figura 8.</b> (A) As cinco camadas que compõem a córnea estão representadas esquematicamente. (B) Fotomicrografia da córnea de <i>Falco tinnunculus</i> , Hematoxilina e Eosina, objetiva 20X.....	<b>11</b>
<b>Figura 9.</b> Fotomicrografia das camadas da retina de <i>Falco tinnunculus</i> , Hematoxilina e Eosina, 40x.....	<b>13</b>
<b>Figura 10.</b> Esquema de como o homem enxerga a espécie mainá ( <i>Gracula religiosa</i> ) (ave da direita) e de como as aves enxergam a mesma espécie (ave da esquerda).....	<b>14</b>
<b>Figura 11.</b> Fotomicrografia da retina (A) e coróide (B) de <i>Falco tinnunculus</i> , Hematoxilina e Eosina, objetiva 40X.....	<b>15</b>
<b>Figura 12.</b> Fotomicrografia da esclera de <i>Falco tinnunculus</i> , composta por camada de cartilagem (*) e tecido conjuntivo denso (**), Hematoxilina e Eosina, objetiva 40X.....	<b>17</b>
<b>Figura 13:</b> Corte vertical do globo ocular direito e corte perpendicular a linha de corte do olho direito, no olho esquerdo.....	<b>20</b>
<b>Figura 14:</b> Esquema de corte do olho direito de <i>Falco tinnunculus</i> . (A) Corte vertical do olho direito. Observe que o nervo óptico (seta) é cortado longitudinalmente. (B) Aspecto macroscópico do olho direito, após a secção. Observar o corte longitudinal do pecten (seta preta) e do nervo óptico (seta vermelha). Escala em milímetros à direita da foto.	<b>21</b>
<b>Figura 15.</b> Esquema de corte do olho esquerdo de <i>Falco tinnunculus</i> . (A) Corte horizontal do olho esquerdo, perpendicular a linha de corte do direito. O nervo óptico (seta) não foi cortado. (B) Aspecto macroscópico do olho esquerdo, após a secção. O pecten permanece íntegro (seta) em uma das metades, com escala em milímetros à direita da foto.....	<b>22</b>

<b>Figura 16.</b> (A) Aspecto macroscópico de globo ocular direito de <i>Falco tinnunculus</i> fixado e seccionado com as respectivas indicações em córnea e porção posterior do olho a serem avaliados. (B) Foto de corte histológico de olho de <i>Falco tinnunculus</i> com seus respectivos pontos A, B e C na córnea e 1, 2, 3, 4, 5 e 6 na porção posterior do globo ocular.....	<b>23</b>
<b>Figura 17.</b> Fotomicrografia da córnea de <i>Falco tinnunculus</i> destacando as diversas camadas: total, epitelial, média e endotelial, Hematoxilina e Eosina, objetiva de 20x.....	<b>24</b>
<b>Figura 18.</b> Valores médios da espessura total da córnea ( $\mu\text{m}$ ) nos pontos A, B e C do olho direito (OD) (a, b, c) e do olho esquerdo (OE) (a', b', c') de <i>Falco tinnunculus</i> .....	<b>28</b>
<b>Figura 19.</b> Valores médios da espessura ( $\mu\text{m}$ ) total da córnea nos pontos A, B e C do olho direito (OD) e do olho esquerdo (OE) em machos (M) e fêmeas (F) de <i>Falco tinnunculus</i> .....	<b>29</b>
<b>Figura 20.</b> Porcentagem dos valores médios das espessuras de cada camada da córnea (epitelial, média e endotelial), nos pontos A, B e C do olho direito (OD = a, b, c) e do olho esquerdo (OE = a', b', c') em machos e fêmeas da espécie <i>Falco tinnunculus</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 21.</b> Médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ) da retina nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) dos olhos direito (OD) e esquerdo (OE) de machos (M) e fêmeas (F) de <i>Falco tinnunculus</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 22.</b> Médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ) da coróide nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) dos olhos direito (OD) e esquerdo (OE) de machos (M) e fêmeas (F) de <i>Falco tinnunculus</i> .....	<b>35</b>

**Figura 23.** Médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ) da esclera nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) dos olhos direito (OD) e esquerdo (OE) de machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*..... **36**

**Figura 24.** Médias da espessura em porcentagem da retina (azul), coróide (amarelo) e esclera (vinho), nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) de machos e fêmeas de *Falco tinnunculus*..... **37**

## HISTOMORFOMETRIA DO BULBO DO OLHO DE PENEIREIRO-DE-DORSO-MALHADO (*Falco tinnunculus* - LINNAEUS, 1758)

**RESUMO** – O bulbo do olho é uma parte do organismo pouco estudada e que carece de mais valores fisiológicos nas diversas espécies de animais. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os cortes histológicos dos olhos de *Falco tinnunculus* (peneireiro-de-dorso-malhado), por meio da morfometria da córnea, retina, coróide e esclera. As aves eram adultas e de vida livre. Os resultados obtidos foram comparados entre machos e fêmeas e entre os olhos direito e esquerdo. Após enucleação dos olhos, os mesmos foram fixados em solução tamponada de formaldeído por 48 horas e posteriormente, descalcificados. Os olhos direitos foram cortados verticalmente (dorsoventral), e os esquerdos horizontalmente (temporonasal). Após inclusão em parafina, foram confeccionados cortes de 5 $\mu$ m de espessura e corados pelas técnicas rotineiras de hematoxilina e eosina. Para a análise dos cortes, foram definidos e medidos, seis pontos (1 a 6) na retina, coróide e esclera, e três pontos referentes na córnea (A, B e C). Com um *software* de análise de imagens, avaliou-se a espessura em micrômetros da córnea total, e suas camadas (epitelial, “camada média”, endotelial), além da retina, coróide e esclera nos seus respectivos pontos pré-determinados. Na córnea as maiores espessuras foram na periferia (ponto A e C) e as menores na área central (ponto B). As comparações entre as médias foram feitas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Nas fêmeas a retina foi mais espessa que nos machos. O dados descritos no trabalho complementam os conhecimentos básicos da histomorfologia do olho de *Falco tinnunculus* necessários para avaliação de cortes histopatológicos.

**Palavras-Chave:** córnea, coróide, esclera, *Falco tinnunculus*, histomorfometria, retina

## HISTOMORPHOMETRY OF EYE BULB FROM COMMON KESTREL (*Falco tinnunculus* – LINNAEUS, 1758)

**SUMMARY** - The bulb of the eye is not a well-studied part of the body and needs more physiological values for various animal species. In this manner, the objective of the study was to evaluate the histological eye *Falco tinnunculus* (common kestrel), through measurements of the cornea, retina, choroid and sclera. The birds were adults from wild life. The results were compared between males and females and between the right and left eyes. After enucleation of the eyes, they were fixed in buffered formaldehyde for 48 hours and subsequently decalcified. The right eyes were cut vertically (dorsoventral), and left horizontally (temporonasal). After paraffin embedding, sections were prepared from 5 $\mu$ m thick and stained using routine hematoxylin and eosin. For the analysis of the cuts, six points (1-6) in the retina, choroid and sclera, and three points on the cornea (A, B and C) have been defined and measured. With an image analyzing software, the corneal thickness and its layers (epithelium, "middle layer", endothelial), were evaluated in total microns, as well as the retina, choroid and sclera in their respective pre-determined points. Corneal thickness was greater in the periphery (A and C) and lower in the central area (B). Comparisons between means were made using the Tukey test ( $p < 0.05$ ). In females retina was thicker than the males. The data described in the paper complement the basic knowledge of histomorphology eye *Falco tinnunculus* for the assessment of histopathology.

**Keywords:** cornea, choroid, sclera, *Falco tinnunculus*, histomorphometry, retina

## 1. INTRODUÇÃO

A visão é a modalidade sensorial predominante e mais importante em muitas aves (HART et al., 2000; GUMPENBERGER & KORBEL, 2005; BURTON, 2008; KORBEL, 2009), e indispensável para desempenhos específicos da maioria delas, tais como, o voo e a perseguição da presa (MARTIN et al., 2004; GUMPENBERGER & KORBEL, 2005; KORBEL, 2009).

Comparando a anatomia do olho de mamíferos e de aves, existem diversas diferenças. Entre elas limitado movimento do globo ocular (DETWILER, 1955; MURPHY et al., 1985), presença de uma estrutura denominada pecten, retina avascularizada (DETWILER, 1955; TSAI et al., 1993; SCHROEDL et al., 2004), ossículos esclerais, os quais podem variar em tamanho, número e forma (LIMA et al., 2009). Além disso, algumas aves possuem fóveas, que são regiões especializadas na retina responsáveis por maior acuidade visual (JONES et al., 2007).

Apesar do globo ocular ser um órgão aparentemente isolado dos outros sistemas orgânicos, ele pode apresentar alterações isoladas ou decorrentes de afecções sistêmicas nas aves (KORBEL 1992; TSAI et al., 1993; GELATT 1999), as quais se refletem nele, tais como clamidiose, micoplasmose, poxvirose ou deficiência nutricional (KORBEL 1992; GELATT 1999). Córnea, lente, e úvea (corpo ciliar, íris e coróide) são as estruturas oculares mais afetadas por diferentes transtornos (HVENEGAARD et al., 2009). Em aves de rapina, a maioria dos transtornos oculares relacionados ao trauma e a outras lesões, geralmente é observada no segmento posterior (GELATT, 1999). O diagnóstico das lesões oculares é vital para o paciente aviário, não apenas como base para uma terapia eficaz da doença primária, mas também para preservar sua visão (KORBEL 1992; GELATT 1999).

O peneireiro-de-dorso-malhado (*Falco tinnunculus*) é um falcão, rapinante diurno, pertencente à família Falconidae, localizado na Europa, Ásia e África, de ocorrência irregular no Brasil.

Para a avaliação histopatológica do globo ocular de aves, é necessário conhecer os aspectos histomorfológicos normais nas diferentes espécies. A deficiência de literatura descrevendo a anatomia e histomorfologia de olhos de aves selvagens sem alterações originou este trabalho. O objetivo foi descrever aspectos histomorfométricos do globo ocular, principalmente da córnea, retina, coróide e esclera, de uma espécie de rapinante diurno, *Falco tinnunculus* (peneireiro-de-dorso-malhado, common kestrel).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Peneireiro-de-dorso-malhado (*Falco tinnunculus*)

A espécie *Falco tinnunculus* (Figura 1) é um falcão, rapinante diurno, pertencente à família Falconidae, alimenta-se de pequenos roedores, aves, insetos e rãs. Sua distribuição geográfica é na Europa, Ásia e África, de ocorrência irregular no Brasil. O macho pode pesar de 190 a 240g e a fêmea 220 a 300g, com comprimento de 32 a 39cm e envergadura de 65 a 80cm, com longevidade de aproximadamente 16 anos. Possui bico curto e curvo, asas e cauda comprida. A coloração da cabeça é acinzentada, o dorso e coberturas da face superior das asas são castanho-avermelhadas e listradas. A região uropigiana e a face superior da cauda é cinza azulada, sem listras e cauda com uma barra terminal escura e larga. (PEREIRA, 2011).



Fonte: <http://pnsac-viveatuanatureza.blogs.sapo.pt/5140.html>

**Figura 1.** Espécie *Falco tinnunculus* (peneireiro-de-dorso-malhado).

## 2.2. Olhos das aves

Os olhos são os principais órgãos sensoriais das aves (HART, 2002; GUMPENBERGER & KORBEL, 2005; BURTON, 2008; KORBEL, 2009), sendo a visão imprescindível para a maioria delas para o vôo e/ou perseguição da presa, sobrevivência em vida livre e reprodução (GUMPENBERGER & KORBEL, 2005; KORBEL, 2009).

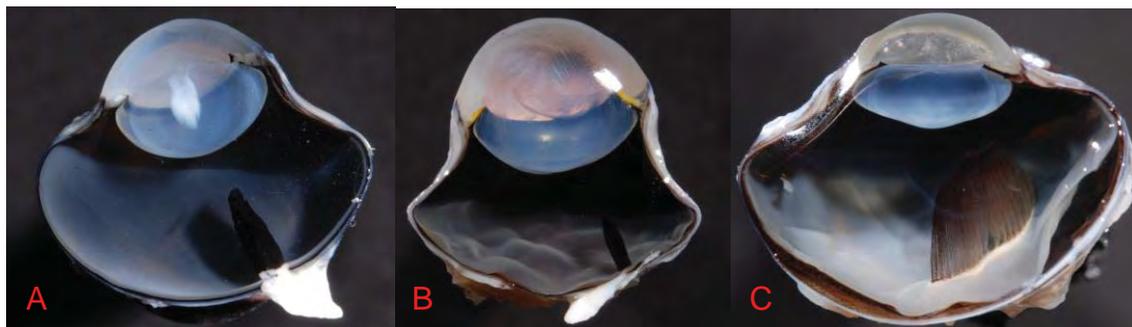
A acuidade dos olhos aviários é considerada quatro a oito vezes maior que a dos mamíferos (DETWILER, 1955; SHLAER, 1972; BAYÓN et al., 2007), decorrente, em parte, da adaptação às atividades diurna e noturna, habitat e atividade física (THOMAS et al., 2002; KORBEL, 2009).

Comparando a anatomia dos olhos de mamíferos com os das aves, existem várias diferenças:

Em relação ao **movimento do globo ocular**, plenamente realizado pelos mamíferos, esta atividade é limitada nas aves (MURPHY et al., 1985; TUCKER, 2000), ou seja, a anatomia das estruturas oculares e orbitais permite apenas limitado movimento rotacional. Isto ocorre em decorrência do nervo óptico ser mais curto e reto, apresentando pouca extensão sobressalente desde a saída do crânio até a chegada no globo ocular (REESE et al., 2009).

Ao comparar o **volume do globo ocular em relação ao volume do cérebro**, nas aves a relação é maior do que nos mamíferos (BAYÓN et al., 2007). Nas aves, cerca de 50% ou mais do volume do crânio é ocupado pelos olhos, enquanto que nos seres humanos, eles ocupam menos de 5% (JONES et al., 2007). Segundo Brooke et al. (1999), falcões e corujas têm olhos de tamanho semelhantes aos dos seres humanos. Nas águias-de-estepe (*Aquila rapax*), avestruz (*Struthio camelus*), abetarda-gigante (*Choriotis kori*) e noitibó-da-Europa (*Caprimulgus europaeus*) cada globo ocular chega a ser maior que o cérebro (BURTON, 2008).

O **formato do globo ocular** nas aves é muito variado, podendo ser globoso, tubular ou plano, dependendo da espécie e de suas necessidades visuais (Figura 2).

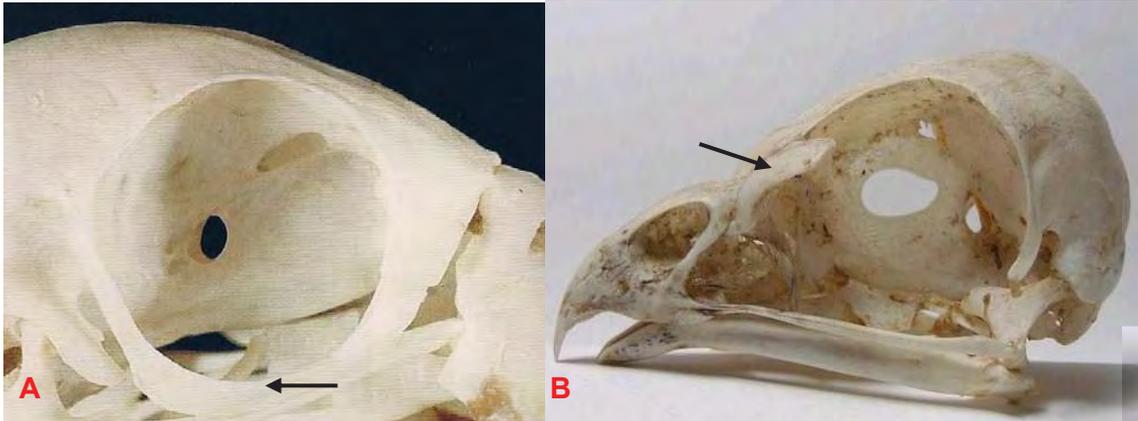


Fonte: arquivo pessoal.

**Figura 2.** Formatos do globo ocular nas diferentes espécies de aves. (A) Formato globoso. (B) Formato tubular. (C) Formato plano.

Em aves diurnas, com cabeça larga e que necessitam de alta resolução a grandes distâncias, possuem a forma globosa, por exemplo, rapinantes diurnos (gaviões), insetívoros (andorinhas – *Atticora melanoleuca*) (WALLS, 1963; KORBEL, 2009). Em aves noturnas (corujas) e alguns gaviões, o eixo longitudinal é tão comprido, quanto o seu diâmetro ou mesmo um pouco maior, dando ao globo ocular um formato tubular (WALLS, 1963). O tipo plano ocorre em aves diurnas com cabeça estreita, como as aves da ordem Columbiformes (KORBEL, 2009).

Em relação à **estrutura óssea periocular**, o globo ocular fica localizado na órbita, protegido ao seu redor por porções dos ossos da face. Dorsalmente, a margem supraorbital é formada pelo osso frontal e ventralmente, a margem infraorbital, na maioria das aves, é muito ampla e formada por fâscias chamadas de ligamento suborbital. Alguns Psittaciformes possuem neste local um osso denominado arco suborbital, que delimita ventralmente a órbita ocular (Figura 3 A). Cranialmente, o limite da órbita é feito pelo osso lacrimal e, caudalmente, o osso limitante é denominado de osso lateroesfenoidal. Em algumas aves, por exemplo, rapinantes diurnos existe, dorso-lateralmente, uma projeção óssea denominada de processo supraorbital (Figura 3 B), semelhante a um telhado, que oferece uma proteção a mais para o globo ocular (MAIERL et al., 2009; REESE et al., 2009).



Fonte: REESE et al., 2009.

Fonte: [http://medlibrary.org/medwiki/Pseudotooth\\_bird](http://medlibrary.org/medwiki/Pseudotooth_bird)

**Figura 3.** Diferenças anatômicas na região orbital em crânios macerados de aves. (A) Crânio de um psitaciforme indicando (seta) o osso denominado arco suborbital. (B) Crânio de uma ave de rapina diurna indicando (seta) o osso denominado de processo supraorbital.

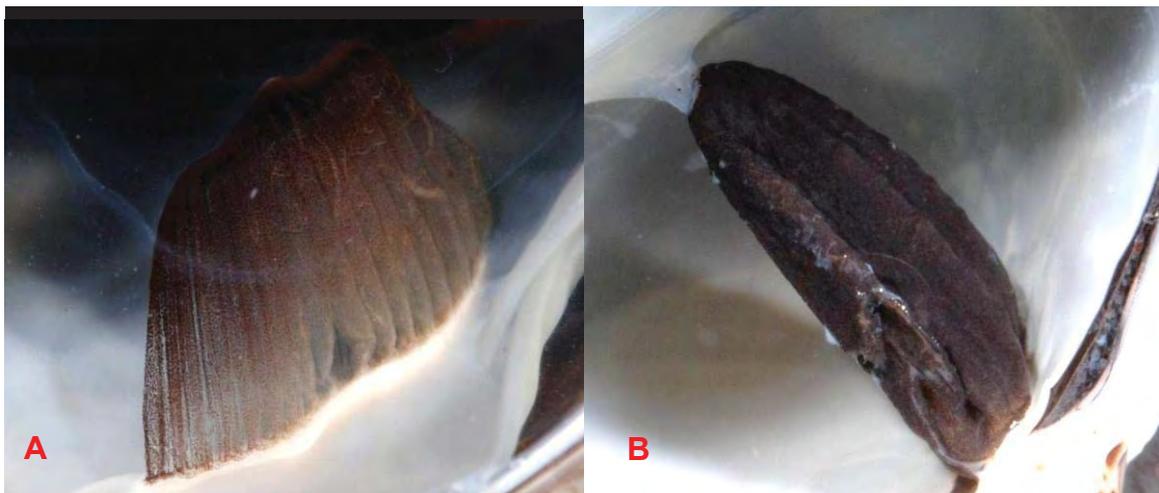
A presença da **retina avascularizada** e do **pecten** são características típicas observadas em aves. O pecten (Figura 4), ausente nos mamíferos, é uma estrutura de tecido conjuntivo altamente vascularizado que emerge da camada coróide (camada vascular localizada abaixo da retina), projetando-se para dentro do humor vítreo e acima do nervo óptico (DETWILER, 1955; WALLS, 1963; DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; SCHROEDL et al., 2004; REESE et al., 2009).



Fonte: arquivo pessoal.

**Figura 4.** Globo ocular esquerdo de *Falco tinnunculus*, com evidenciação do pecten (seta).

Seu formato e o número de pregas (dobras) variam entre as aves (WALLS, 1963; JONES et al., 2007). Em carinatas (aves com quilha no esterno) o pecten apresenta a forma de dobra (*pecten plicatus oculi*) (Figura 5 A), em ratitas (aves sem quilha no esterno) sua forma é de asa ou bandeira (*pecten vanellus oculi*) (Figura 5 B) e no kiwi (*Apteryx australis*) existe o pecten em forma de cone (*pecten conicus oculi*) (REESE et al., 2009). Em geral, as aves diurnas possuem um pecten maior e com mais dobras do que as espécies noturnas (JONES et al., 2007).



Fonte: arquivo pessoal.

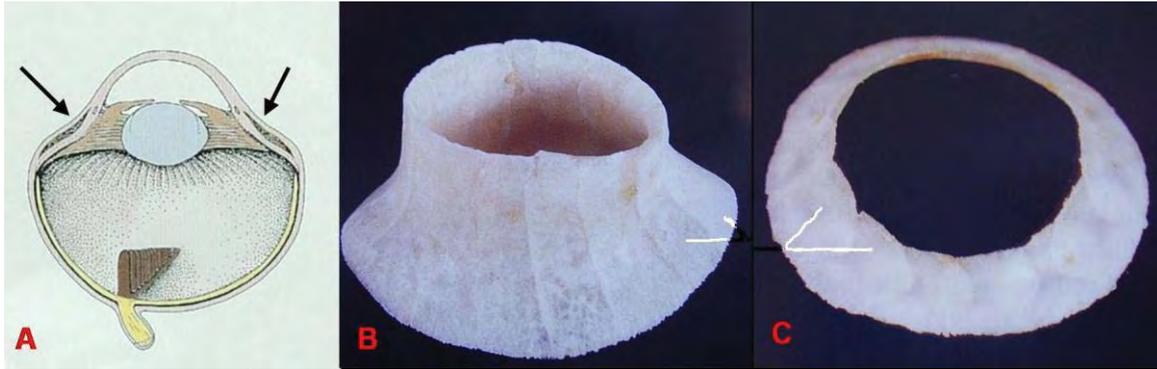
**Figura 5.** Diferenças anatômicas do pecten das aves. (A) Pecten de pomba, em forma de dobras. (B) Pecten de avestruz, em forma de bandeira.

Na ausência de vasos sanguíneos na retina, sua nutrição e oxigenação são realizadas em parte pelo pecten (DETWILER, 1955; DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; SCHROEDL et al., 2004; WYGNANSKI-JAFFE et al., 2007; REESE et al., 2009), que também assume a regulação da temperatura e da pressão do globo ocular. Através do endotélio dos capilares do pecten, há um constante e ativo transporte de microelementos transepiteliais. Os movimentos oscilatórios do globo ocular criam um movimento passivo do pecten, favorecendo a difusão de nutrientes para o corpo vítreo (REESE et al., 2009). Apesar de inúmeros estudos, a função do pecten ainda não está totalmente esclarecida. Algumas teorias seriam, sombrear certas partes da retina (DETWILER, 1955; DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; SCHROEDL et al., 2004; REESE et al., 2009), reduzir a radiação dispersa, atuar na resposta imunológica (REESE et al., 2009) e atuar na visão de movimentos,

funcionando como sensor magnético na orientação (DETWILER, 1955; DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; SCHROEDL et al., 2004; REESE et al., 2009).

Diferentemente dos mamíferos, as aves apresentam uma **musculatura estriada do corpo ciliar**, responsável pela fixação do cristalino e pelos movimentos de acomodação durante a visão próxima e à distância. Esta acomodação nas aves é ativa, diferente dos mamíferos (WALLS, 1963; REESE et al., 2009). Os tradicionais agentes midriáticos (atropina) não causam a dilatação da pupila aviária, devido à sua falta de ação sobre os músculos estriados do esfíncter pupilar. Assim, um agente de bloqueio neuromuscular, por exemplo, vecurônio, é necessário para provocar midríase e facilitar o exame da retina (JONES et al., 2007).

Outra característica das aves é a presença de um **anel de ossículos esclerais** localizado na esclera (Figura 6), logo após o limbo corneano (WALLS, 1963; WYGNANSKI-JAFFE et al., 2007; GOSLOW, 2006 apud VIEIRA et al., 2008; REESE et al., 2009), posicionados de forma semelhante às escamas de peixes, em toda a circunferência do olho (FRANZ-ODENDAAL, 2005; ANDREWS, 1996 apud LIMA et al., 2009). O formato, a disposição e o número das placas diferem entre as diferentes espécies de aves (VIEIRA et al., 2008). Em Falconiformes, eles são quadrados ou retangulares (quadrangulares), em Psitaciformes, Columbiformes e Gruiformes são trapezoidais, e em Piciformes são irregulares e têm bordas sinuosas (LIMA et al., 2009).

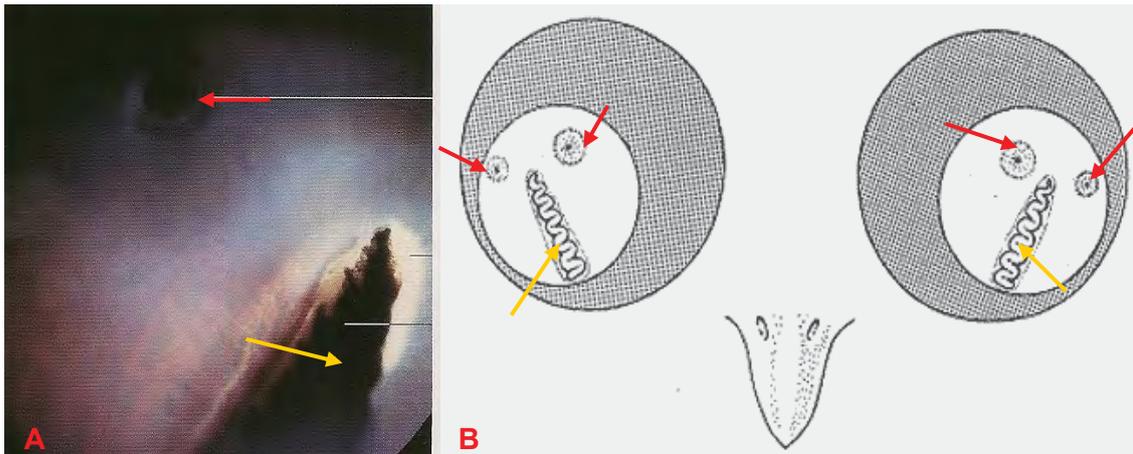


Fonte: REESE et al., 2009.

**Figura 6.** Diferenças anatômicas entre o anel de ossículos esclerais das aves. (A) Localização do ossículo escleral (setas) do bulbo do olho das aves. (B) Ossículo escleral de uma ave de rapina. (C) Ossículo escleral de uma galinha.

O número pode variar de 10 a 18 ossículos (REESE et al., 2009;) de 12 a 15 (VIEIRA et al., 2008), de 11 a 16 (LIMA et al., 2009) e de 2 a 32 (ROMER, 1956) entre as espécies. Foi observada diferença numérica, entre os olhos direitos e esquerdos, em algumas aves (WALLS, 1963; LIMA et al., 2009). A função do anel escleral é ainda um assunto controverso, mas duas funções são bem descritas. A primeira é a de proteger e sustentar o globo ocular durante a deformação ocorrida no momento do vôo ou mergulho (ROMER, 1956; WALLS, 1963; LINDLEY et al., 1988; REESE et al., 2009). A segunda é para auxiliar os músculos ciliares, especialmente na porção anterior da córnea, durante a acomodação visual (WALLS, 1963; COULOMBRE & COULOMBRE, 1973; LINDLEY et al., 1988; FRANZ-ODENDAAL & VICKARYOUS, 2006; KING & MCLELLAND, 1984; REESE et al., 2009).

A **fóvea** (*Fovea retinae*) é uma depressão na retina com bordas elevadas (*Areae retinae*) (Figura 7), nas quais existe um denso arranjo de células receptoras (cones) (DETWILER, 1955; TUCKER, 2000; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009), também existe uma relação de células receptoras e células nervosas condutoras, numa proporção ótima de 1:1. Como consequência, esta região apresenta alta capacidade de resolução (TUCKER, 2000; REESE et al., 2009).



Fonte: REESE et al., 2009.

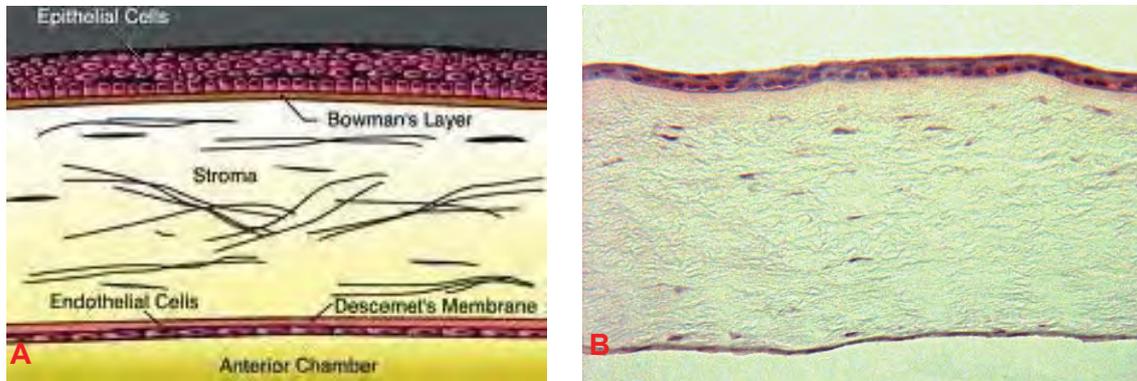
**Figura 7.** Aspecto morfológico da fóvea e do pecten dos olhos das aves. (A) Fóvea (seta vermelha) e pecten (seta amarela). (B) Esquema de localização da fóvea (setas vermelhas) e do pecten (setas amarelas) em uma ave de rapina.

Uma maior acuidade visual é obtida no centro da depressão (fóvea), devido a ausência de neurônios não posicionados sobre os fotorreceptores (TUCKER, 2000; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009). Há aves que não possuem fóvea, outras possuem uma ou duas por olho (TUCKER, 2000; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009), enquanto que alguns mamíferos apresentam apenas uma, por exemplo, primatas (JONES et al., 2007). Os rapinantes possuem duas em cada olho, uma profunda, também chamada de fóvea central, nasal ou anterior, e uma superficial, também chamada de fóvea lateral, temporal ou posterior. Estudos anatômicos sugerem que a visão é melhor na fóvea profunda que na superficial (TUCKER, 2000; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009). A posição e a forma das fóveas variam muito entre as espécies (REESE et al., 2009).

### 2.2.1. Córnea

A córnea da maioria das espécies de aves, é relativamente fina (JONES et al., 2007; REESE et al., 2009), exceto nas aquáticas e algumas aves de rapina de hábito diurno, ela se assemelha a dos mamíferos, podendo apresentar cinco camadas, da mais externa para mais interna: epitelial (*epithelium corneae*

*externum*), membrana de Bowman (*lamina limitans superficialis*), estroma (*substantia propria corneae*), camada de Descemet (*lamina limitans profunda*) e endotelial (*epithelium corneae internum*) (Figura 8).



Fonte: <http://monalisadavinci.blog.com/>

Fonte: arquivo pessoal

**Figura 8.** (A) As cinco camadas que compõem a córnea estão representadas esquematicamente. (B) Fotomicrografia da córnea de *Falco tinnunculus*, Hematoxilina e Eosina, objetiva 20X.

A membrana de Bowman nas aves é acelular e se diferencia daquela encontrada nos humanos e primatas (STEPP, 2006; REESE et al., 2009), pois é muito grossa e é responsável pela estabilidade da córnea (REESE et al., 2009).

Sob a membrana de Bowman está o estroma, rico em fibroblastos e especializado na produção e organização da matriz extracelular desta membrana. Os fibroblastos do epitélio corneano e do estroma, são nutridos, passivamente, por nutrientes bombeados para dentro do estroma pelas células endoteliais (PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005). O estroma une as fibrilas de colágeno e a substância riquíssima em sulfato de condroitina, a qual tem alto poder de fixar água e que em sua totalidade é responsável pela transparência da camada da córnea (REESE et al., 2009).

Abaixo do estroma está a membrana de Descemet, que recobre o endotélio corneano, o qual possui única camada de células achatadas conectadas por junções apertadas. A membrana de Descemet é relativamente fina e não ocorre em todas as espécies de aves (REESE et al., 2009). O endotélio tem a função de bombear para câmara anterior o excesso de água da córnea (PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005; PIGATTO et al., 2005), ou seja, para regular o estado de hidratação, as

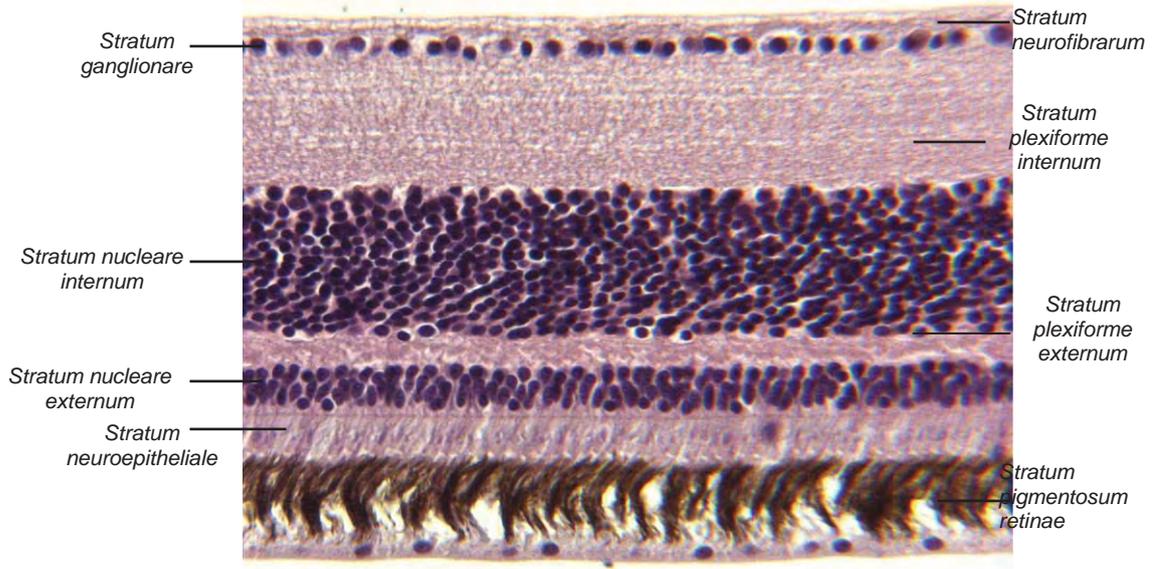
células endoteliais desempenham papel importante na manutenção da sua transparência (COLLIN & COLLIN, 1998; PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005; PIGATTO et al., 2005) em uma variedade de ambientes, incluindo aéreo, terrestre e aquático (COLLIN & COLLIN, 1998). A córnea saudável requer nutrição, bem como proteção. A nutrição da córnea ocorre pela difusão do fluido da câmara anterior e do filme lacrimal pré-corneal, já que não possui vasos sanguíneos (REESE et al., 2009). A falta dessa nutrição adequada pode causar inchaço, que por sua vez, altera o espaçamento de fibrilas de colágeno e faz com que o estroma fique opaco (PAJOOHESH-GANJI & STEPP, 2005).

A curvatura da córnea, comparada com a dos mamíferos, é muito pequena e depende de espécie para espécie. Aves aquáticas possuem a córnea achatada, enquanto corujas, ela é muito convexa (REESE et al., 2009).

### **2.2.2. Retina**

A retina é um tecido que reveste internamente a câmara posterior do globo ocular, sendo responsável pela formação das imagens. Neste tecido há neurônios sensoriais responsáveis a luz, os quais emitem uma mensagem elétrica ao nervo óptico, que alcança o cérebro e realiza o processamento da mesma e a percepção visual do objeto (KOLB, 2003).

A retina aviária (Figura 9), em geral, possui todos os tipos de células e as mesmas camadas presentes nos vertebrados (JONES et al., 2007; RODRIGUES & DANTAS, 2008), se diferenciando pela grande concentração de fotorreceptores presentes na fóvea (RODRIGUES & DANTAS, 2008).



Fonte: arquivo pessoal

**Figura 9.** Fotomicrografia das camadas da retina de *Falco tinnunculus*, Hematoxilina e Eosina, 40x.

O epitélio pigmentar da retina é firmemente ligado à coróide e nas aves de hábitos diurnos (DETWILER,1955; REESE et al., 2009) é rico em grânulos de melanina, dificultando o exame oftalmoscópico. Em aves de hábito noturno, a pigmentação é bem mais discreta. Esta camada fica localizada na parte interna do *estratum nervosum retinae* e a fixação entre eles é muito frágil e, fisiologicamente, ela recebe uma estabilização pelo corpo vítreo. Devido alterações de pressão, pode ocorrer descolamento de retina, a qual se manifesta por separação destas duas camadas (REESE et al., 2009).

A retina é comparativamente mais espessa devido a grande quantidade de associações de células nervosas. Assim, a retina da pomba tem o dobro de espessura do homem em decorrência da camada granulosa e plexiforme ser muito mais desenvolvida (REESE et al., 2009).

Característica específica da retina aviária inclui a presença de gotículas de óleo coloridas (pigmentos carotenóides) existentes nas células dos cones (REESE et al., 2009). São descritos pelo menos cinco tipos diferentes de pigmentos que apresentam capacidades de absorção máxima variando de espécie para espécie. Estes pigmentos têm uma função de filtração cromática. Além disso, gotículas de óleo transparentes parecem ser responsáveis pela visão da luz ultravioleta. A

percepção da luz ultravioleta (Figura 10) é uma habilidade comum em aves diurnas, a qual tem papel muito importante na comunicação, camuflagem e orientação (BAYÓN et al., 2007).



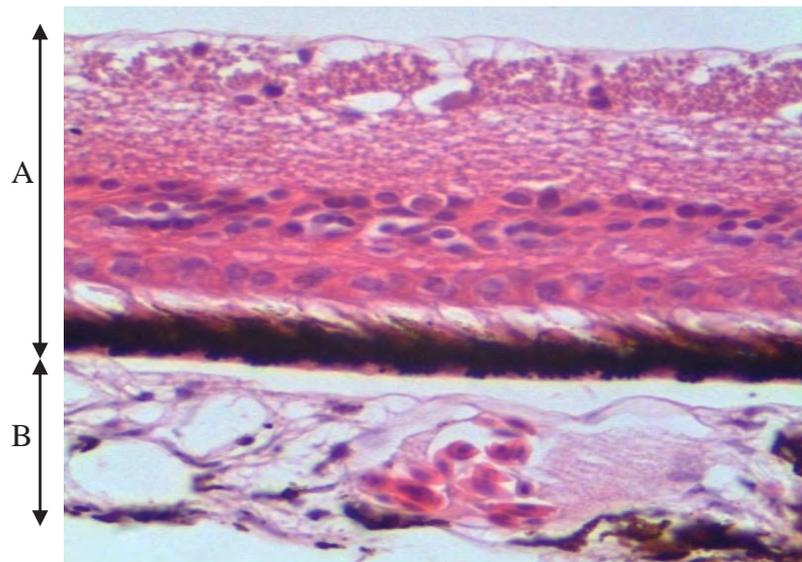
Fonte: <http://www.flap.org/research.htm>

**Figura 10.** Esquema de como o homem enxerga a espécie mainá (*Gracula religiosa*) (ave da direita) e de como as aves enxergam a mesma espécie (ave da esquerda).

Os bastonetes, altamente sensíveis à luz, contêm um pigmento chamado rodopsina, responsável pela visão noturna incolor (DETWILER, 1955; KOLB, 2003; REESE et al., 2009). Os cones são predominantes na retina de aves diurnas (DETWILER, 1955; REESE et al., 2009), enquanto que os bastonetes nestas espécies estão em menor número e localizados em regiões periféricas. A densidade dos cones, em algumas aves de rapina diurnas, é maior que no ser humano (REESE et al., 2009). A retina de corujas têm elevada sensibilidade à luz, devido a grande concentração de bastonetes, correspondendo até a 90% de fotorreceptores (DETWILER, 1955; REESE et al., 2009).

### 2.2.3. Coróide

A coróide está localizada entre a retina e a esclera e origina-se caudalmente a *ora serrata* do corpo ciliar (REESE et al., 2009). Nas aves a coróide é relativamente pouco aderida a *lamina supra choroidea*, ou seja, à área interna da esclera. Por outro lado, possui forte ligação com a *lamina basal* da camada do epitélio pigmentar da retina (DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; REESE et al., 2009). É uma estrutura relativamente espessa e muito vascularizada (Figura 11), pois tem como principal função a nutrição e oxigenização, por difusão, da retina avascularizada (DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; JONES et al., 2007; REESE et al., 2009). Ela também funciona como "sistema de refrigeração", envolvido na dissipação do calor produzido a partir de absorção da luz pelos fotorreceptores da retina (DE STEFANO & MUGNAINI, 1997; JONES et al., 2007).



Fonte: arquivo pessoal.

**Figura 11.** Fotomicrografia da retina (A) e coróide (B) de *Falco tinnunculus*, Hematoxilina e Eosina, objetiva 40X.

Os vasos estão organizados em duas camadas, a camada externa é chamada de *lamina vasculosa*, composta, predominantemente, por arteríolas que irão suprir os capilares da camada interna (*lamina choroidecapilaris*). Em aves

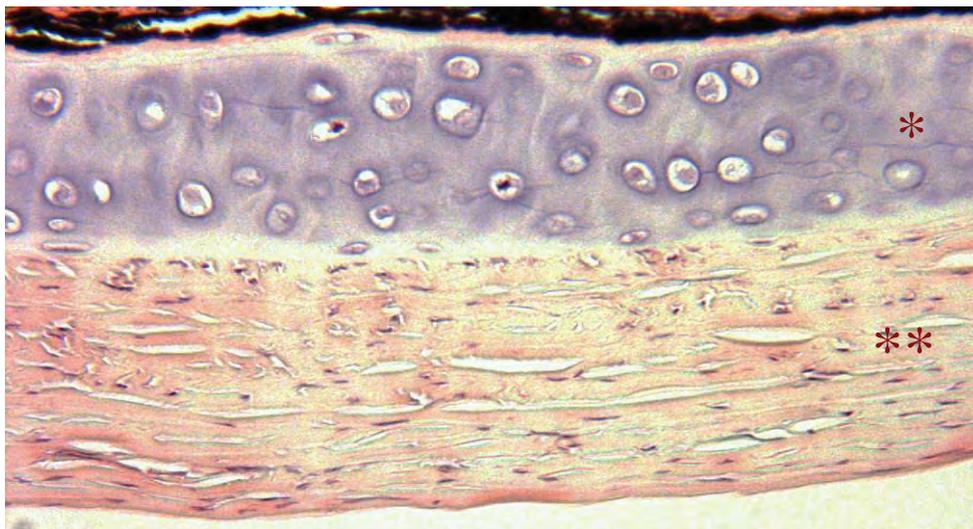
diurnas, a coróide é ricamente pigmentada, enquanto em animais noturnos é pouco ou não pigmentada. Ao contrário de muitos mamíferos noturnos, nas aves um *tapetum lucidum choroideae*, não é desenvolvido. Somente numa ave noturna (*Caprimulgus europaeus*) existe um *tapetum lucidum retinae* que reflete uma luz branca difusa, e está relacionado com o epitélio pigmentar da retina. Esta área não se compara com o *tapetum lucidum choroideae* dos mamíferos (REESE et al., 2009).

Na coróide de pica-paus existe substância rica em mucopolissacarídeos que funcionam como amortecedores para as trepidações que ocorrem durante a bicagem (WYGNANSKI-JAFFE et al., 2007; REESE et al., 2009).

#### **2.2.4. Esclera**

A esclera é a camada mais externa do olho, muito resistente e que preserva a forma do globo ocular, impedindo que a pressão, tanto interna como externa, modifique sua forma (MACHECHA & OLIVEIRA, 1998; FRANZ-ODENDAAL, 2008; HILDEBRAND & GOSLOW, 2006).

A esclera de certos vertebrados, como aves e peixes, é composta de cartilagem hialina revestida por tecido conjuntivo denso (Figura 12) (WILLIAMS, 1994; BAYÓN et al., 2007; SEKO et al., 2008). Na região de transição da conjuntiva para a esclera existe o anel de ossículos esclerais (WILLIAMS, 1994).



Fonte: arquivo pessoal

**Figura 12.** Fotomicrografia da esclera de *Falco tinnunculus*, composta por camada de cartilagem (\*) e tecido conjuntivo denso (\*\*), Hematoxilina e Eosina, objetiva 40X.

### 2.3. Doenças sistêmicas X Afecções oculares

Diversas alterações macro e microscópicas podem ser observadas nos olhos, decorrentes de enfermidades sistêmicas infecciosas e não infecciosas, entre elas as zoonoses (KORBEL, 2009). Assim a detecção de lesões oculares pode ser útil no diagnóstico de certas doenças (TSAI et al., 1993).

Os sinais clínicos mais comuns são: blefarospasmo, blefarite, secreção ocular, edema palpebral, perda de penas perioculares e cegueira. Conjuntivite e perda de penas perioculares ocorrem geralmente em psitacídeos, em associação com infecção por *Chlamydophila psittaci* (SURMAN et al., 1974; GELATT 1999). Já a ceratoconjuntivite seca em aves é frequentemente associada a hipovitaminose A (MONTIANI-FERREIRA, 2007).

Entre os achados mais freqüentes estão: a catarata (HVENEGAARD et al., 2009), que pode ser causada por fatores não infecciosos, principalmente traumas (BROOKS et al., 1983; MURPHY et al., 1985; MURPHY et al, 1982 apud BUYUKMIHCI et al., 1988; FROST, 1961; WILLIAMS et al., 2006; GELATT, 2007; STROBEL, 2010) e infecciosos (HUNGERFORD, 1969, apud TSAI et al., 1993;

MUSTAFFA-BABJEE, 1969), assim como a microftalmia (BUYUKMIHCI et al., 1988), neoplasias (GUIMARÃES et al., 2004), glaucoma (ALTMAN et al., 1997) entre outras (BUYUKMIHCI et al., 1988; TSAI et al., 1993; HVENEGAARD et al., 2009;). A causa mais comum de alterações oculares nas aves de rapina selvagens são traumas, cerca de 65% dos casos, direta ou indiretamente causadas por influência humana (WENDELL et al., 2002).

Dentre as estruturas oculares, uma das mais afetadas é a córnea (HVENEGAARD et al., 2009), com lesões traumáticas (RITCHIE et al., 1994; STROBEL, 2010), anomalias da pálpebra, infecções, corpos estranhos e olhos secos (RITCHIE et al., 1994), e a outra é o segmento posterior em 72% (STROBEL, 2010) a 80% dos casos (BUYUKMIHCI, 1985). Tsai et al. (1993), pesquisaram a córnea de 241 aves não domésticas e relataram a intensidade de acometimentos nas diversas camadas desta estrutura: epitélio anterior (66,7%), membrana de Bowman (52,4%), estroma (81%) membrana de Descemet (28,6%), epitélio posterior (23,8%).

Alterações no exame histopatológico, foram observadas por Tsai et al. (1993) como a presença de inúmeros vacúolos na camada superficial do epitélio anterior, espessamento do estroma devido a edema, perda do epitélio corneal e difusa infiltração do estroma com heterófilos, particularmente concentrada na área subjacente a membrana de Bowman.

### **3. OBJETIVOS**

Avaliar cortes histológicos de bulbos oculares de *Falco tinnunculus*, adultos, de vida livre, considerando a espessura da córnea, retina, coróide e esclera, e correlacionando os resultados com o sexo das aves e os olhos direitos e esquerdos.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi dividida em duas etapas e desenvolvida em locais diferentes, sendo a primeira (colheita e preparação do material) realizada nas dependências da Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) na Alemanha e a segunda (análise microscópica dos cortes histológicos) na FCAV-UNESP Câmpus Jaboticabal.

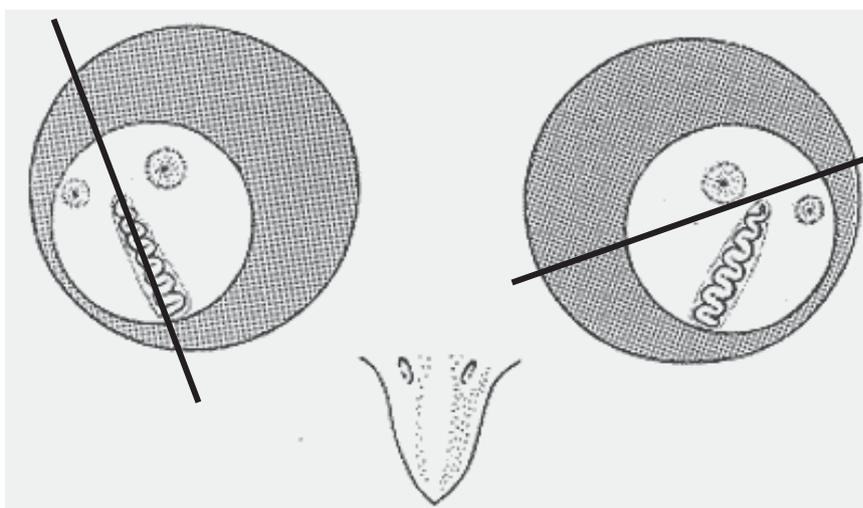
### 4.1. Colheita e preparação do material

A primeira parte do experimento, colheita de olhos de *Falco tinnunculus*, foi conduzida pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Karin Werther (FCAV-UNESP), no período de julho de 2008 a maio de 2009, na Klinik für Vögel, Reptilien, Amphibien und Fische da Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) na Alemanha. Trata-se de uma unidade da Faculdade de Medicina Veterinária da LMU, onde são atendidas aproximadamente 3000 aves/ano, na maioria oriundas de vida livre ou de estimação, além de aves de produção e aves encaminhadas por zoológicos ou criatórios. Nesta clínica há diversos setores direcionados para aves, entre eles, clínica e cirurgia, patologia, parasitologia, virologia e bacteriologia, os quais atendem a comunidade e realizam pesquisas, além de servirem de apoio para as aulas de graduação e pós-graduação do curso de medicina veterinária da LMU.

Rotineiramente, as aves recebidas na clínica passavam por uma série de exames: clínico, radiográfico, oftalmológico completo (com ultrassom) e laboratoriais (sangue e fezes). As aves que apresentavam alterações ou lesões corporais muito graves, incompatíveis com a sobrevivência ou que representavam um sofrimento muito grande para o animal, sendo considerado não compatível com o bem estar animal, foram eutanasiadas. Para tanto foi realizada uma anestesia inalatória prévia com isoflurano 5% e, posteriormente, aplicação intravenosa de T<sub>61</sub><sup>®</sup> (1,5mL/Kg). Imediatamente após o óbito foi realizada a enucleação, com pinça e tesoura, dos globos oculares que não apresentaram alterações no exame oftalmológico prévio, totalizando 13 pares de olhos de *Falco tinnunculus*, sendo cinco machos e oito

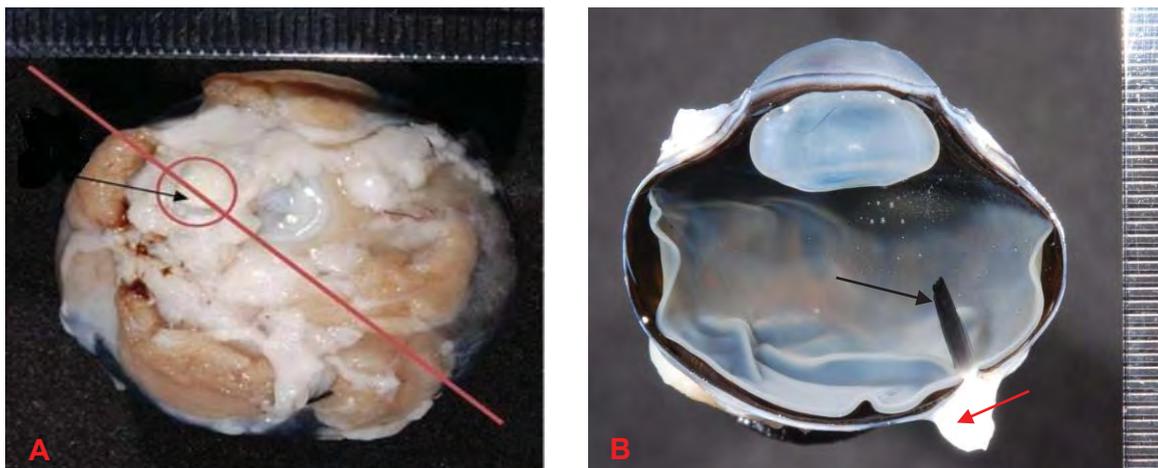
fêmeas, adultos e de vida-livre. Estes procedimentos foram aprovados pela Comissão de Ética (CEUA) local.

Depois de fixados por no mínimo dois dias em solução de formaldeído (1:10) tamponado com fosfato (pH 7,3), os olhos foram descalcificados em solução pronta para uso à base de ácido fórmico (Decalcifier®) durante 6-12 horas, para ocorrer o amolecimento dos ossículos esclerais. O corte do globo ocular foi padronizado (Figura 13) segundo Ehrenhofer (2001), usando o nervo óptico e a inserção do tendão da terceira pálpebra como referência, sendo os olhos direitos cortados verticalmente (dorsoventral), obtendo duas metades, nas quais foi possível visualizar o pecten e o nervo óptico cortado longitudinalmente (Figura 14).



Fonte: modificado de REESE et al., 2009.

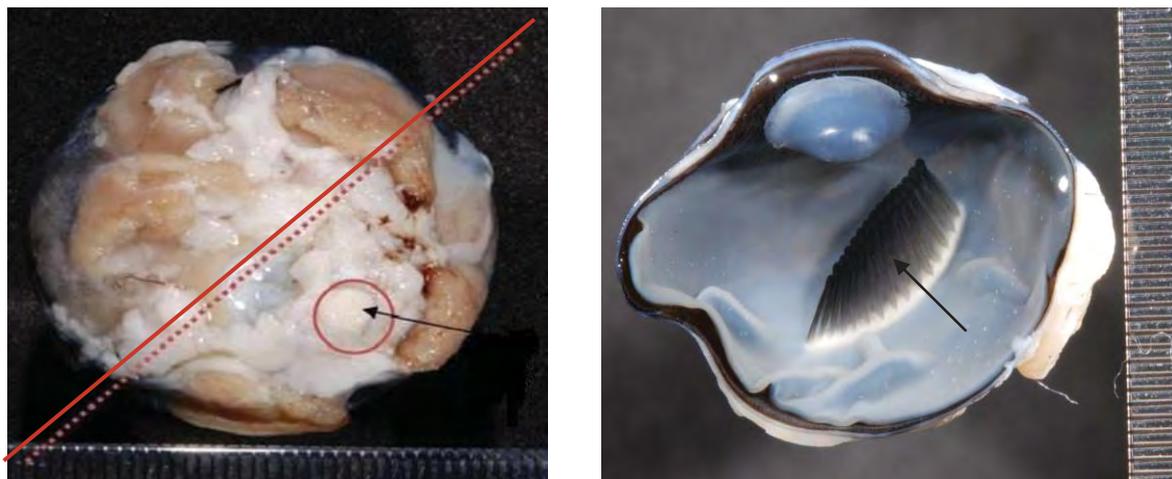
**Figura 13:** Corte vertical do globo ocular direito e corte perpendicular a linha de corte do olho direito, no olho esquerdo.



Fonte: arquivo pessoal

**Figura 14.** Esquema de corte do olho direito de *Falco tinnunculus*. (A) Corte vertical do olho direito. Observe que o nervo óptico (seta) é cortado longitudinalmente. (B) Aspecto macroscópico do olho direito, após a secção. Observar o corte longitudinal do pecten (seta preta) e do nervo óptico (seta vermelha). Escala em milímetros à direita da foto.

O olho esquerdo foi cortado (temporonasal) perpendicularmente a linha de corte do direito, gerando duas metades, onde o pecten e o nervo óptico não foram cortados, ficando integralmente em apenas uma das metades do olho (Figura 15).



Fonte: arquivo pessoal

**Figura 15.** Esquema de corte do olho esquerdo de *Falco tinnunculus*. (A) Corte horizontal do olho esquerdo, perpendicular a linha de corte do direito. O nervo óptico (seta) não foi cortado. (B) Aspecto macroscópico do olho esquerdo, após a secção. O pecten permanece íntegro (seta) em uma das metades, com escala em milímetros à direita da foto.

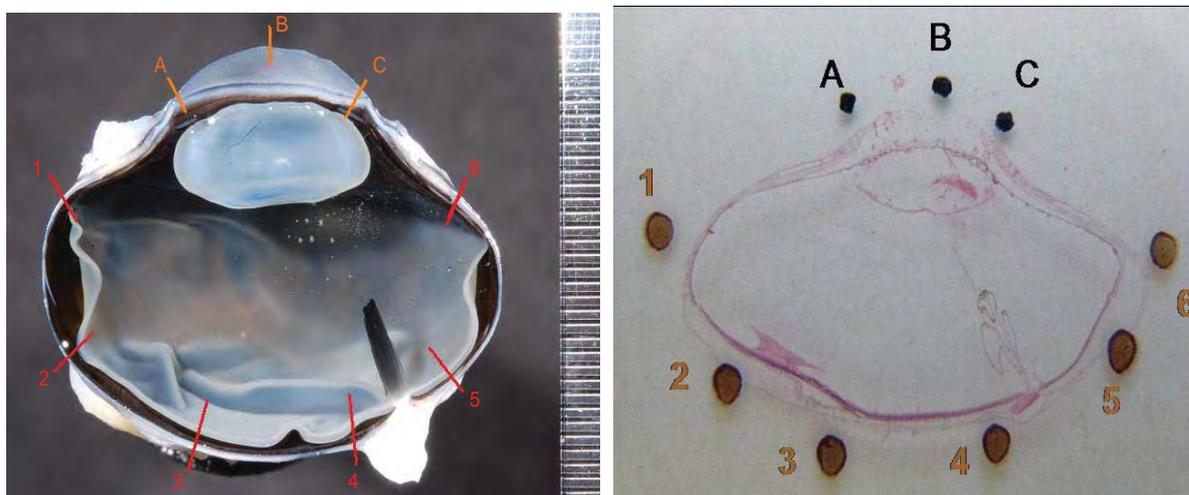
Após o corte, as metades dos globos oculares foram desidratadas (em bateria ascendente de álcool), diafanizadas em xilol e incluídas em parafina, seguindo protocolo de rotina da histologia. Os blocos foram seccionados em micrótomo, gerando cortes de 5 $\mu$ m de espessura e as lâminas coradas pelas técnicas rotineiras de Hematoxilina e Eosina. Cada olho gerou dois blocos de parafina, dos quais foram confeccionados pelo menos seis cortes semi-seriados repetidos.

#### 4.2. Análise histomorfométrica das estruturas oculares

A segunda parte, análise histomorfométrica das estruturas oculares (córnea, retina, coróide e esclera), foi realizada no Departamento de Patologia Veterinária da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP-Brasil.

Para a análise dos cortes, foram localizados, com o auxílio de uma lupa estereoscópica (Nikon YS2-T), inicialmente as duas regiões de passagem da *pars caeca retinae* para *pars óptica retinae*, sendo denominadas pontos 1 e 6. Em seguida, toda extensão restante da retina, entre estes dois pontos, foi dividida em quatro pontos, de forma equidistante, originando os pontos 2, 3, 4 e 5. Nestes seis

pontos (1 a 6) foi medida a espessura da retina, coróide e esclera. Os pontos da córnea (A, B, C) foram definidos como sendo B o ponto central da córnea e os pontos A e C localizados próximos à junção córnea-conjuntiva bulbar, onde foi observada uma discreta pigmentação melânica na córnea. (Figura 16).



Fonte: arquivo pessoal

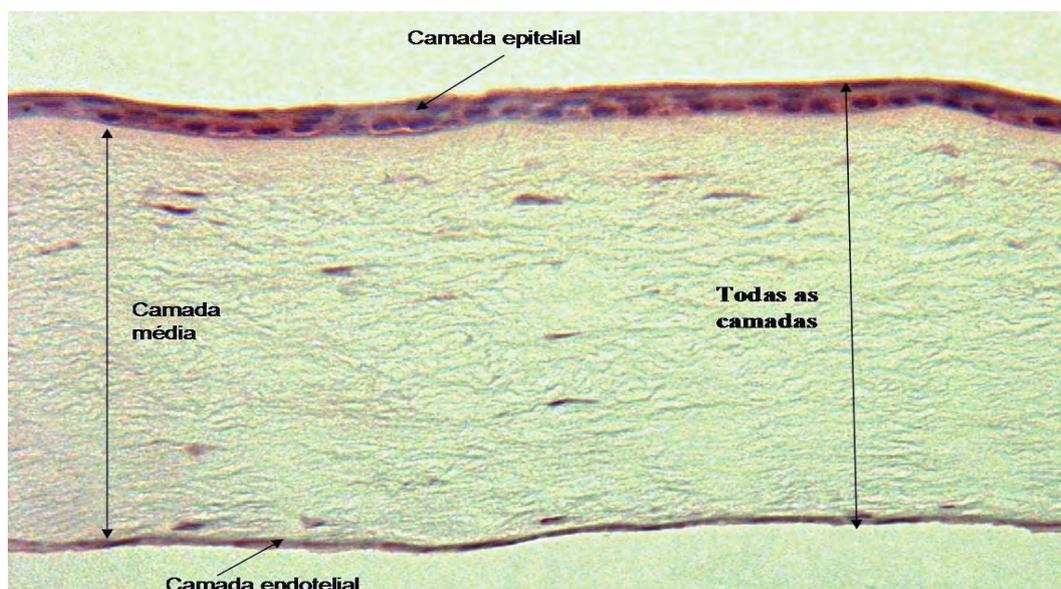
**Figura 16.** (A) Aspecto macroscópico de globo ocular direito de *Falco tinnunculus* fixado e seccionado com as respectivas indicações em córnea e porção posterior do olho a serem avaliados. (B) Foto de corte histológico de olho de *Falco tinnunculus* com seus respectivos pontos A, B e C na córnea e 1, 2, 3, 4, 5 e 6 na porção posterior do globo ocular.

Como os bulbos dos olhos foram cortados em direções diferentes, os pontos denominados de 1-6 nos olhos direitos diferem dos pontos 1-6 nos olhos esquerdos. Para facilitar a compreensão, os pontos foram renomeados como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1.** Classificação dos pontos em relação aos olhos direitos e esquerdos.

ESTRUTURA	PONTO	OLHO DIREITO	OLHO ESQUERDO
CÓRNEA	A, B, C	a, b, c	a', b', c'
RETINA	1, 2, 3, 4, 5, 6	i, ii, iii, iv, v, vi	i', ii', iii', iv', v', vi'
CORÓIDE	1, 2, 3, 4, 5, 6	i, ii, iii, iv, v, vi	i', ii', iii', iv', v', vi'
ESCLERA	1, 2, 3, 4, 5, 6	i, ii, iii, iv, v, vi	i', ii', iii', iv', v', vi'

No microscópio óptico (Nikon eclipse E200) foram feitas fotomicrografias com objetivas de 10, 20 e 40x das estruturas (córnea, retina, coróide, esclera) nos pontos determinados previamente. Por meio do software de análise de imagens ImageTool for Windows (version 3.0), foi medida a espessura em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) dessas estruturas. As medidas realizadas na córnea foram: espessura total e as três camadas distintas que a compõem: epitelial (mais externa), média (camada de Bowman, estroma e membrana de Descemet) e endotelial (mais interna) (Figura 17).



Fonte: arquivo próprio.

**Figura 17.** Fotomicrografia da córnea de *Falco tinnunculus* destacando as diversas camadas: total, epitelial, média e endotelial, Hematoxilina e Eosina, objetiva de 20x.

Para análise da córnea foram utilizados apenas 10 dos 13 animais disponíveis, 3 machos e 7 fêmeas, devido aos artefatos presentes nos cortes histológicos.

### **4.3. Análise estatística**

Análise de variância de medidas repetidas foi o método estatístico utilizado para avaliar as respostas, segundo o teste t de análise de variância (ANOVA). Comparações de médias aos pares foram feitas usando o teste de Tukey. Um valor de  $p < 0,05$  foi considerado significativo.

Todos os resultados estatísticos foram obtidos no programa SAS (EVERITT & DER, 2001).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Córnea

Na Tabela 2, consta o número total de medidas realizadas em cada ponto (A, B e C), em cada camada (total, epitelial, média e endotelial) nos olhos direito (a, b, c) e esquerdo (a', b', c'), em machos e fêmeas de *Falco tinnunculus*. Como nem todos os cortes apresentavam todas as estruturas de forma perfeita, o número final de repetições das medidas variou entre os pontos, entre as camadas, entre os sexos e entre os olhos direito e esquerdo.

**Tabela 2.** Demonstração do número total de medidas realizadas nas camadas da córnea (total, epitelial, média e endotelial) de *Falco tinnunculus* em seus respectivos pontos (A, B e C), nos olhos direito (OD/ a, b, c) e esquerdo (OE/ a', b', c') e em machos (M) e fêmeas (F).

CAMADAS	PONTOS											
	A				B				C			
	OD (a)		OE (a')		OD (b)		OE (b')		OD (c)		OE (c')	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Epitelial	32	34	27	60	28	36	26	61	30	25	18	64
Média	32	34	27	60	28	36	26	60	30	25	18	65
Endotelial	32	34	27	60	28	35	26	60	30	25	18	64
Total	32	34	27	59	28	35	26	60	30	38	18	65

A partir dos valores analisados, foi obtido o valor médio com o respectivo desvio-padrão, e o intervalo da espessura total da córnea e das três camadas (epitelial, média e endotelial) nos três diferentes pontos (A, B, C), nos olhos direito (a, b, c) e esquerdo (a', b', c') em machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Média, desvio-padrão e intervalo das espessuras, em micrômetros, da córnea, nos pontos (A, B e C) das camadas (total, epitelial, média e endotelial) do olho direito (a, b, c) e esquerdo (a', b', c') em machos (M) e fêmeas (F) das aves da espécie *Falco tinnunculus*.

CAMADAS	PONTOS						
	A		B		C		
	Olho direito (a)	Olho esquerdo (a')	Olho direito (b)	Olho esquerdo(b')	Olho direito (c)	Olho esquerdo (c')	
Epitelial	M	7,75±2,39	8,97±3,40	9,93± 4,16	9,62±3,40	6,29± 3,05	4,22± 1,46
	F	9,26± 5,65	7,98± 4,06	9,33± 3,10	8,96± 3,76	5,62± 3,84	7,15 ± 3,46
	Ambos	8,33±4,42	8,29±3,87	8,47±3,80	9,16±4,19	5,92±3,51	6,51±3,36
	intervalo	(2,31-23,90)	(2,28-17,30)	(1,80-17,20)	(1,80-27,90)	(1,13-16,80)	(1,05-14,30)
Média	M	164,10± 83,64	172,26± 76,79	79,78± 30,48	83,84± 50,96	171,48± 62,59	167,88± 62,41
	F	187,56± 78,96	209,89± 77,11	108,54± 38,89	126,64± 53,42	160,36± 78,77	205,96± 71,64
	Ambos	176,18±81,50	198,21±78,54	95,96±38,02	112,16±56,25	165,27±71,79	197,71±71,15
	intervalo	(54,00-346,50)	(56,35-350,60)	(40,07-188,80)	(38,33-252,90)	(65,13-347,90)	(64,20-325,30)
Endotelial	M	2,62± 1,99	2,92± 1,90	2,57± 1,14	2,66± 1,22	2,6±1,90	2,06±1,13
	F	2,35± 1,90	3,17±1,93	2,60± 1,93	3,79± 2,69	2,13± 1,37	2,94± 1,61
	Ambos	2,48±1,67	3,09±1,91	2,58±1,62	3,44±2,38	2,34±1,63	2,75±1,56
	intervalo	(0,51-6,60)	(0,57-8,40)	(0,50-8,01)	(0,50-11,33)	(0,65-9,40)	(0,67-6,40)
Total	M	174,09±83,99	183,71±79,24	92,01± 33,15	93,30±53,79	167,91± 63,86	180,09±58,10
	F	199,02± 83,49	220,43 ±77,99	118,30± 41,53	135,22±57,38	184,21±82,00	216,63±72,6
	Ambos	186,94±84,03	208,48±79,81	106,62±39,97	122,55±59,25	173,28±74,27	210,22±72,44
	intervalo	(62,36-373,44)	(69,40-370,17)	(49,24-200,09)	(47,67-280,15)	(85,02-360,98)	(70,31-352,31)

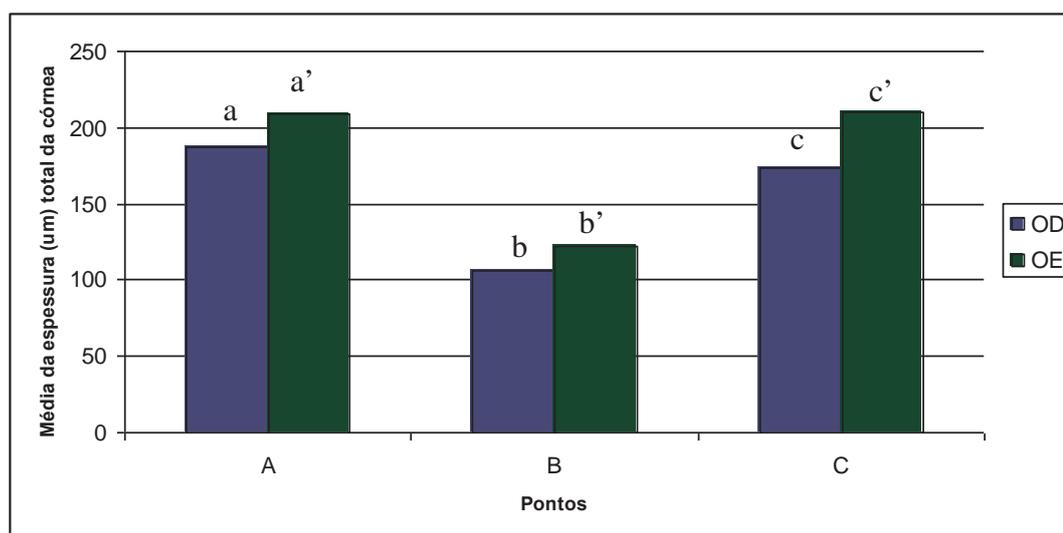
Em relação à espessura total da córnea, os pontos periféricos (A e C) foram mais espessos que o ponto central (B), independentemente dos olhos serem do lado direito ou esquerdo, ou serem oriundos de machos ou fêmeas. A diferença da medida nos respectivos pontos foi estatisticamente significativa pelo teste F da análise de variância e pelo teste de Tukey (Tabela 4).

**Tabela 4.** Interação entre os pontos A, B e C e a camada total da córnea das aves da espécie *Falco tinnunculus* pelo teste de Tukey, independente dos olhos e dos sexos das aves.

INTERAÇÃO PONTO*CAMADA					
CAMADA	PONTOS				
	A	B	C		
Total	210,78	129,00	197,79	a	a

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

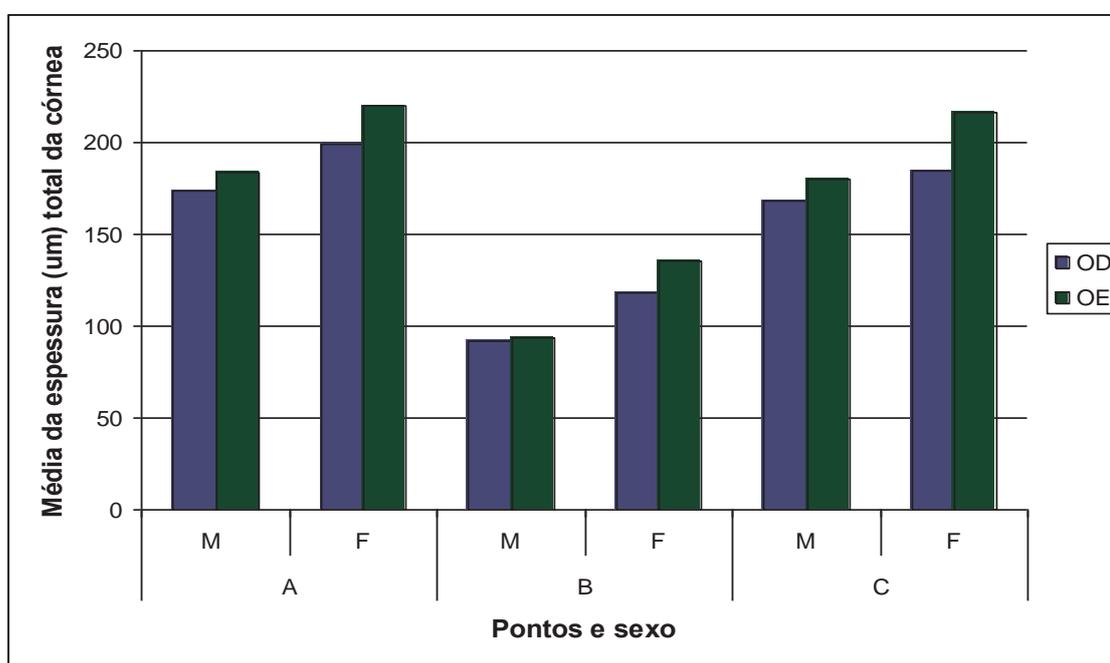
Na figura 18, estão representados os valores médios da espessura total da córnea ( $\mu\text{m}$ ) nos pontos A, B e C do olho direito (OD) (a, b, c) e do olho esquerdo (OE) (a', b', c') de *Falco tinnunculus*.



**Figura 18.** Valores médios da espessura total da córnea ( $\mu\text{m}$ ) nos pontos A, B e C do olho direito (OD) (a, b, c) e do olho esquerdo (OE) (a', b', c') de *Falco tinnunculus*.

Ao analisar a Tabela 3 e a Figura 18, a média da espessura total da córnea foi maior nos olhos esquerdos (a', b', c') quando comparados com os direitos (a, b, c), nos três pontos avaliados (A, B, C), independente do sexo das aves. Mas, estatisticamente, não houve diferença significativa entre os olhos direito e esquerdo das aves.

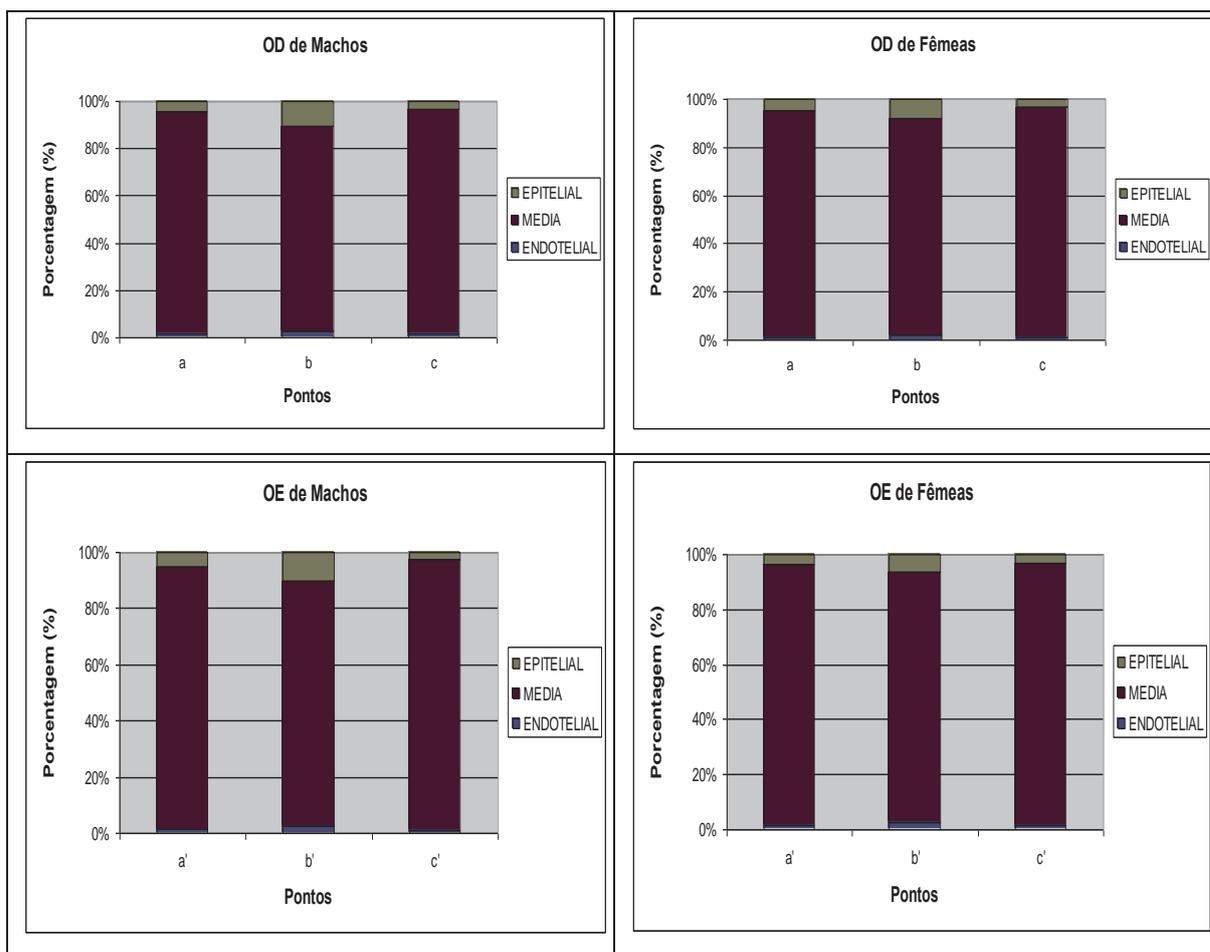
Em relação ao sexo dos animais, a Figura 19 apresenta os valores médios da espessura ( $\mu\text{m}$ ) total da córnea nos pontos A, B e C do olho direito (OD) e do olho esquerdo (OE) em machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.



**Figura 19.** Valores médios da espessura ( $\mu\text{m}$ ) total da córnea nos pontos A, B e C do olho direito (OD) e do olho esquerdo (OE) em machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.

Apesar da média da espessura total da córnea nos três pontos (A, B, C) ser maior nas fêmeas do que nos machos, esta diferença não foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Considerando que a córnea é composta pela camada epitelial, média e endotelial, a Figura 20 mostra a relação proporcional entre elas baseado na espessura total, correlacionando com a origem do olho (direito/esquerdo) e sexo da ave (macho/fêmea).



**Figura 20.** Porcentagem dos valores médios das espessuras de cada camada da córnea (epitelial, média e endotelial), nos pontos A, B e C do olho direito (OD = a, b, c) e do olho esquerdo (OE = a', b', c') em machos e fêmeas da espécie *Falco tinnunculus*.

Em relação às camadas da córnea, não foi observado grande variação entre as espessuras das três camadas quando comparadas com o sexo ou o lado direito e esquerdo. Já, o ponto B, apresenta as maiores espessuras da camada epitelial e endotelial, e ao mesmo tempo, a menor espessura da camada média.

Estatisticamente, ambas camadas (epitelial e endotelial), não possuem diferença significativa entre si no mesmo ponto e entre os pontos A, B e C. Ao contrário do que foi observado entre a camada endotelial e a média, assim como a epitelial e a média, nos pontos A, B e C, independente dos olhos serem de origem direita ou esquerda e dos sexos das aves (Tabela 5).

**Tabela 5.** Interação entre os pontos (A, B e C) e as camadas (total, epitelial, média e endotelial) da córnea das aves da espécie *Falco tinnunculus* pelo teste de Tukey.

INTERAÇÃO PONTO*CAMADA						
CAMADAS	PONTOS					
	A		B		C	
Epitelial	8,53	A a	9,16	A a	6,22	A a
Média	199,81	B a	116,01	B b	190,41	B a
Endotelial	2,98	A a	3,42	A a	3,18	A a

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 5.2. Retina, coróide e esclera

Na Tabela 6, consta o número total de medidas realizadas na retina, coróide e esclera, em cada ponto (1 a 6), nos olhos direito (OD = i, ii, iii, iv, v, vi) e esquerdo (OE = i', ii', iii', iv', v', vi') e nos machos e fêmeas de *Falco tinnunculus*. Como nem todos os cortes apresentavam todas as estruturas viáveis para avaliação, o número final de repetições das medidas variou entre as estruturas, entre os pontos, entre os sexos e entre os olhos direito e esquerdo.

**Tabela 6.** Demonstração do número total de medidas realizadas nos pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) na retina, coróide e esclera, nos os olhos direito (OD = i, ii, iii, iv, v, vi) e esquerdo (OE = i', ii', iii', iv', v', vi') de machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.

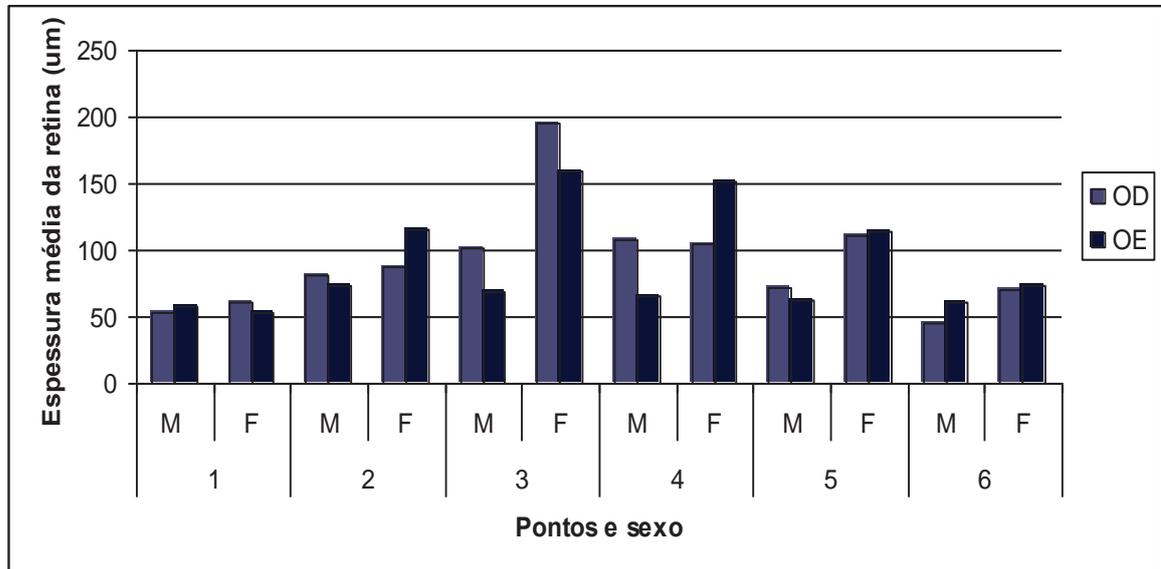
PONTOS	ESTRUTURAS											
	RETINA				CORÓIDE				ESCLERA			
	OD(i-vi)		OE(i- vi')		OD(i-vi)		OE(i- vi')		OD(i-vi)		OE(i- vi')	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
1	16	17	20	29	17	15	13	35	11	13	14	24
2	26	30	16	19	20	18	15	12	17	19	13	11
3	23	10	17	16	20	2	17	16	18	6	16	12
4	37	18	17	33	31	12	18	24	26	14	18	17
5	32	26	20	38	27	23	20	25	23	26	7	24
6	29	33	9	37	28	35	9	31	27	18	17	28

A partir dos valores analisados, foi obtido o valor médio com o respectivo desvio-padrão e o intervalo da espessura da retina, coróide e esclera nos seis diferentes pontos (1 a 6), nos olhos direito (i a vi) e esquerdo (i' a vi') de machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus* (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores das médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ), desvio-padrão e intervalo dos valores da retina, coróide e esclera e esclera nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) do globo ocular direito (i, ii, iii, iv, v, vi) e esquerdo (i', ii', iii', iv', v', vi') em machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.

PONTOS	ESTRUTURAS											
	RETINA				CORÓIDE				ESCLERA			
	Olho direito		Olho esquerdo		Olho direito		Olho esquerdo		Olho direito		Olho esquerdo	
1 (i, i')	M	53,16±24,47	58,13±19,10	17,04±15,89	28,77±22,14	115,36±19,87	104,18±19,20					
	F	61,43±20,30	53,76±23,77	23,99±10,66	20,57±19,93	116,39±17,29	105,33±31,28					
	Ambos	57,42±22,46	55,55±21,88	20,30±13,93	26,21±23,93	115,60±18,98	104,77±27,72					
2 (ii, ii')	Intervalo	(32,49-115,30)	(26,66-110,83)	(5,82-71,36)	(3,45-94,10)	(72,28-161,09)	(63,54-149,20)					
	M	81,56±31,54	73,60±20,23	14,67±10,66	20,23±19,93	97,35±48,68	84,08±16,69					
	F	87,45±34,87	115,68±54,95	13,80±4,94	18,87±10,08	79,44±21,75	75,02±19,47					
3 (iii, iii')	Ambos	84,72±33,20	96,44±47,24	14,26±7,09	19,18±15,06	85,79±38,07	78,88±23,71					
	Intervalo	(35,93-169,22)	(42,52-177,99)	(3,19-42,52)	(6,13-75,18)	(38,41-185,52)	(31,73-116,97)					
	M	101,46±42,73	68,83±19,83	22,18±13,93	26,12±23,93	115,03±42,21	99,90±33,60					
4 (iv, iv')	F	194,93±72,46	159,76±105,81	28,39±5,97	24,51±8,54	91,50±28,65	118,39±75,82					
	Ambos	129,79±68,08	112,91±87,03	24,74±9,68	25,34±12,03	109,16±40,04	107,82±55,28					
	Intervalo	(53,56-313,01)	(38,51-394,84)	(8,38-36,62)	(9,01-53,44)	(51,03-190,32)	(40,91-270,14)					
5 (v, v')	M	107,72±44,64	65,53±11,50	15,45±6,81	20,15±9,45	77,42±29,98	68,51±13,21					
	F	105,29±82,50	151,00±51,58	11,41±5,83	21,83±8,67	70,08±30,09	83,25±33,56					
	Ambos	106,92±58,93	121,94±58,76	14,33±6,74	21,11±8,94	74,15±29,97	74,13±26,42					
6 (vi, vi')	Intervalo	(37,36-242,34)	(43,53-263,58)	(5,45-33,92)	(6,49-41,14)	(45,78-165,12)	(36,09-150,77)					
	M	72,21±31,08	62,58±27,31	22,61±14,84	16,59±9,68	83,27±11,34	117,69±28,22					
	F	110,20±40,82	114,29±49,86	21,91±9,66	17,11±10,25	93,06±28,81	96,27±31,62					
6 (vi, vi')	Ambos	99,24±40,24	96,46±49,77	22,29±9,42	16,88±9,89	88,46±22,75	101,11±31,76					
	Intervalo	(39,21-179,81)	(37,54-195,34)	(7,06-61,12)	(5,35-40,06)	(51,30-154,20)	(38,60-144,56)					
	M	45,75±20,44	60,17±29,63	19,46±8,87	21,72±11,29	87,18±20,28	74,74±20,59					
6 (vi, vi')	F	69,83±37,55	73,71±23,97	19,11±5,75	27,99±23,96	104,38±33,90	82,66±28,38					
	Ambos	61,08±32,83	71,06±25,41	19,27±7,24	24,96±27,56	94,06±27,66	79,67±25,75					
	Intervalo	(19,56-123,36)	(34,55-110,50)	(5,02-39,52)	(4,37-90,66)	(41,37-146,34)	(44,19-155,67)					

Em relação à espessura da retina nos diversos pontos, e correlacionando com sexo e olhos direitos e esquerdos, os resultados estão apresentados na Figura 21.



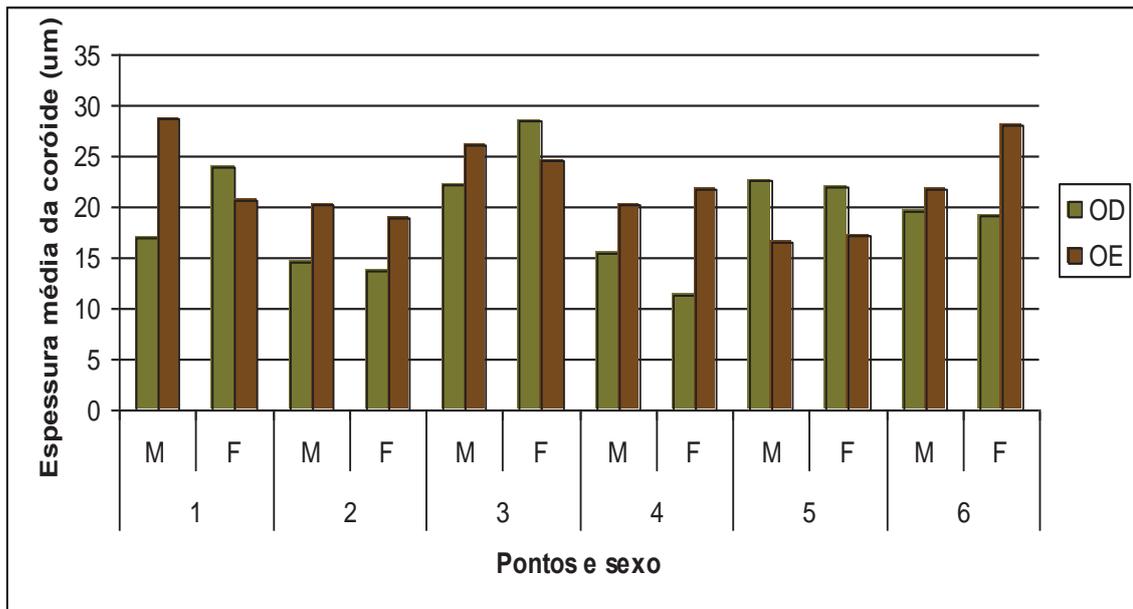
**Figura 21.** Médias da espessura (µm) da retina nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) dos olhos direito (OD) e esquerdo (OE) de machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.

Em relação à espessura da retina, existe um aumento gradativo nos pontos 1 a 3 e um decréscimo gradativo nos pontos 4 a 6. A retina é mais delgada nos pontos 1 e 6 sendo estatisticamente significativo este dado ( $p < 0,05$ ).

Quanto ao estudo comparativo entre a espessura da retina nos olhos direitos e esquerdos, estatisticamente não foi observada diferença significativa.

Analisando os dados obtidos da retina com o sexo dos animais foi observado que numericamente nos pontos 2, 3, 4, 5 e 6, as fêmeas possuem uma retina mais espessa, sendo confirmados estatisticamente os pontos 3, 4 e 5.

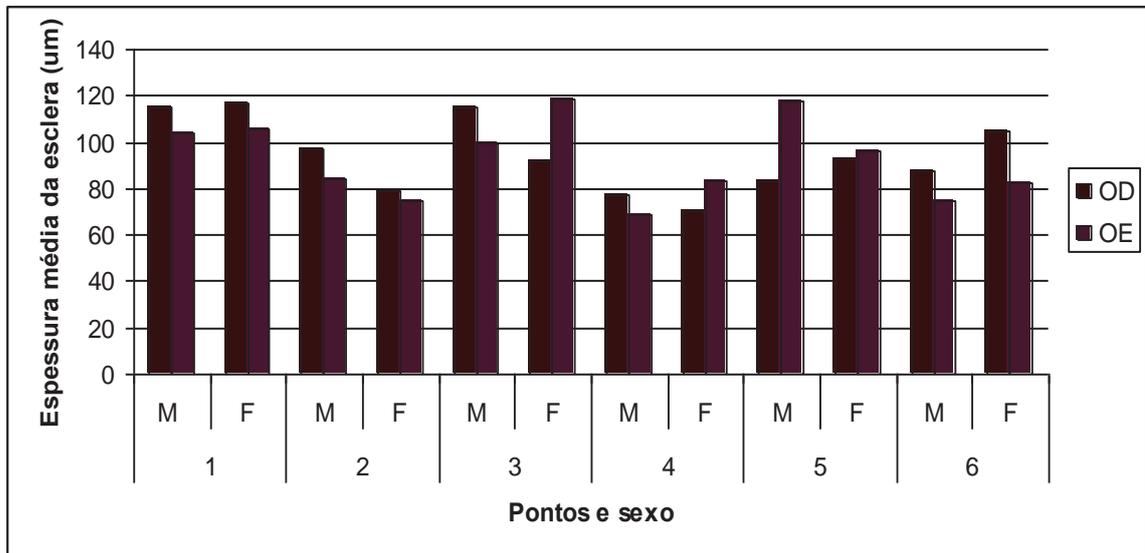
Em relação à espessura da coróide, nos diversos pontos, em machos e fêmeas e nos olhos direito e esquerdo, os dados foram compilados na Figura 22.



**Figura 22.** Médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ) da coróide nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) dos olhos direito (OD) e esquerdo (OE) de machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.

Apesar de numericamente existir diferenças na espessura entre olhos direitos e esquerdos e entre machos e fêmeas em vários pontos, estes dados não foram estatisticamente comprovados.

Analisando os resultados referentes à espessura da esclera, a Figura 23, que relaciona os dados com o sexo, olhos direitos/esquerdos e os pontos de medição.

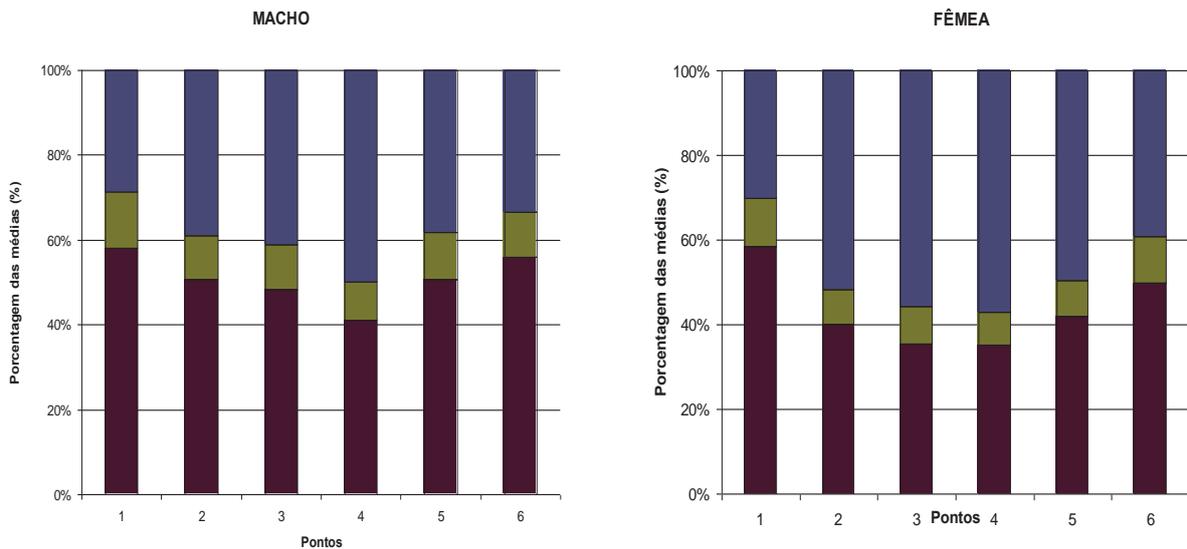


**Figura 23.** Médias da espessura ( $\mu\text{m}$ ) da esclera nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) dos olhos direito (OD) e esquerdo (OE) de machos (M) e fêmeas (F) de *Falco tinnunculus*.

Quanto a espessura da esclera apenas o ponto 4 apresentou uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao restante dos pontos.

Apesar de existir diferenças numéricas na espessura de olhos direitos/esquerdos e machos/fêmeas, estatisticamente este fato não foi confirmado.

Na Figura 24 estão apresentadas as porcentagens das médias da espessura de retina, coróide e esclera nos seis pontos mensurados, correlacionadas com o sexo das aves.



**Figura 24.** Médias da espessura em porcentagem da retina (azul), coróide (amarelo) e esclera (vinho), nos seis pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 6) de machos e fêmeas de *Falco tinnunculus*.

Nas três estruturas estudadas (retina, coróide e esclera), tanto em machos quanto em fêmeas, existe um comportamento semelhante entre elas, de tal forma que a retina aumenta sua espessura do ponto 1 ao ponto 3/4 e volta a diminuir até o ponto 6. Considerando as três estruturas como sendo 100%, a esclera acompanha, de forma inversa, o comportamento da retina, ou seja, onde a retina é mais espessa (ponto 3 e 4) a esclera é mais fina e vice versa. A espessura da coróide praticamente não sofre alteração ao longo dos seis pontos. Foi notada diferença significativa ao analisar a espessura da retina, sendo na fêmea mais espessa do que no macho, nos pontos 3, 4 e 5.

## 6. DISCUSSÃO

A pesquisa na área de anatomia e histologia de tecidos e órgãos, em diversas espécies de animais, é muito importante para definir valores de referência e poder realizar estudos comparativos entre espécies, entre faixas etárias e entre alterações oriundas de processos patológicos.

### 6. 1. Córnea

Na análise histológica das córneas de *Falco tinnunculus*, verificamos que tanto os olhos direito quanto os esquerdos possuíam espessura maior na periferia ponto A e C, e espessura menor, na área central (ponto B). Na literatura constam achados semelhantes, porém utilizando outras técnicas de medição e realizadas em diferentes espécies de animais, como por exemplo em cão (GWIN et al., 1982; GILGER et al., 1991; KUDO et al., 1996; PAUNKSNIS et al., 2001; GOMES et al., 2006), suínos (BARTHOLOMEW et al., 1997; GOMES et al., 2006, FABER et al., 2008), eqüinos (VAN DER WOERDT et al., 1995; RAMSEY et al., 1999; ANDREW et al., 2001), além dos humanos (DOUGHTY & ZAMAN, 2000). Por outro lado existem trabalhos que relatam resultados opostos em cães (PRINCE et al., 1960), gatos (GILGER et al., 1993) e coelhos (CHAN et al., 1983). Utilizando cães filhotes e adultos, Svaldenienė et al. (2003) verificaram que a córnea no seu ponto central (ponto B) ora era mais fina ora era mais espessa. A maior espessura da córnea na periferia pode ser explicada pelo fato da córnea e a esclera serem responsáveis pela manutenção da forma do globo ocular e proteção das estruturas internas, suportando diversas pressões tanto internas quanto externas (HUANG & MEEK, 1999).

A média da espessura total da córnea, na área central, varia entre as espécies de aves e a técnica aplicada para esta medição. Utilizando a ultrassonografia em *Gallus gallus domesticus*, foi descrito uma espessura de 242 $\mu$ m (MONTIANI-FERREIRA et al., 2004). Enquanto em aves de rapina diurnas, *Buteo buteo*, *Accipiter nisus* e *Accipiter*

*gentilis*, os valores encontrados foram 551 $\mu$ m, 391 $\mu$ m e 446 $\mu$ m, respectivamente. E nas aves de rapina noturnas, *Tyto alba*, *Asio otus*, *Strix aluco*, *Atene noctua* e *Bubo bubo*, a espessura média da córnea foi de 334 $\mu$ m, 305 $\mu$ m, 324 $\mu$ m, 285 $\mu$ m e 364 $\mu$ m, respectivamente (STROBEL, 2010). Este mesmo autor, utilizando a ultrassonografia, mediu a espessura da córnea dos mesmos indivíduos (*Falco tinnunculus*) estudados neste trabalho, obtendo o valor de 305,3 $\mu$ m. Neste atual estudo, pela técnica histológica, foi verificada um valor de 129 $\mu$ m. Este fato comprova que os procedimentos da técnica histológica causaram uma diminuição da espessura da córnea.

A espessura da córnea também pode variar de acordo com a raça, idade, peso, sexo dos animais (GOMES et al., 2006) e horário dos exames (FABER et al., 2008). Trabalhos demonstram diferenças entre as raças do cão Labrador e Beagle (MONTIANI-FERREIRA et al., 2003) e de humanos, brancos em comparação com negros, asiáticos e nativos americanos (DOUGHTY & ZAMAN, 2000) e afro-americanos com os caucasianos (LA ROSA et al., 2001).

Na literatura, há relatos em mamíferos de correlação diretamente proporcional entre a idade e a espessura da córnea (GWIN et al., 1982; GILGER et al., 1991; GILGER et al., 1993; RAMSEY et al., 1999; DOUGHTY & ZAMAN, 2000; ANDREW et al., 2002). Já em aves, *Gallus gallus domesticus*, Montiani-Ferreira et al. (2004) observaram que a espessura corneana central nos primeiros 45 dias, inicialmente diminui até 12 dias de idade, aumentando gradualmente até os 70 dias de idade, não alterando, significativamente, durante o restante do período de estudo (450 dias). No estudo atual, não foi possível considerar a idade das aves em relação a espessura da córnea, por se tratar de animais adultos provenientes de vida livre, não sendo possível avaliar a idade exata.

Quanto ao sexo das aves, apesar do trabalho ter mostrado, numericamente, que a espessura total da córnea nas fêmeas foi maior do que nos machos, nos três pontos (A, B, C) analisados e em ambos os olhos, o teste F da análise de variância não apresentou interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os sexos. Há relatos na literatura que cães machos possuem córneas mais espessas que as fêmeas (GILGER et al., 1991; MONTIANI-FERREIRA et al., 2003). E estudos que mostram não haver diferença entre

os sexos, por exemplo, em gatos (GILGER et al., 1993; RANZANI et al., 2008), em cavalos (VAN DER WOERDT et al., 1995; RAMSEY et al., 1999; ANDREW et al., 2001; PLUMMER et al., 2003), em suínos (TAMAYO-ARANGO et al., 2009), em lhamas e alpacas (ANDREW et al., 2002) e filhotes de cães (MONTIANI-FERREIRA et al., 2003).

Analisando os valores absolutos obtidos em olhos direitos (121,59 $\mu$ m) e esquerdos (136,4 $\mu$ m) foi observada uma diferença entre os lados, mas que estatisticamente não foi significativa. Semelhante ao visto em trabalhos realizados em cães (GILGER et al., 1991; SVALDENIENĖ et al., 1998), cavalos (RAMSEY et al., 1999), gatos (SCHOSTER et al., 1995) e suínos (TAMAYO-ARANGO et al., 2009). Strobel (2010) apresentou em seu trabalho com *Falco tinnunculus*, utilizando a técnica de ultrassonografia, dados semelhantes, sendo o valor do olho direito 299,5 $\mu$ m e do olho esquerdo 311 $\mu$ m. A mesma autora relatou que esta diferença entre os lados, varia entre as espécies, considerando seu trabalho realizado com diversas aves de rapina diurnas e noturnas.

Em relação as três camadas da córnea avaliadas (epitelial, média e endotelial), não foi encontrada nenhuma referência na literatura citando aves e outros vertebrados para realizar possíveis comparações.

Apesar de alguns autores considerarem que a córnea saudável mantém uma espessura constante em animais vivos (MISHIMA & MAURÍCIO, 1961a apud KIKKAWA, 1973), foram observadas alterações em sua espessura de acordo com o estado de hidratação da mesma (ARNDT et al., 2001). A variação na tonicidade da lágrima, como resultado do ciclo vigília-sono (FRIEDMAN, 1972 apud KIKKAWA, 1973), assim como o período do dia em que foi realizado o exame (HARA, 1970 apud KIKKAWA, 1973; KIKKAWA, 1973; CHAN-LING et al., 1985), podem influenciar os resultados obtidos, ou seja, a córnea é mais espessa pela manhã e mais fina à tarde devido ao processo evaporação (KIKKAWA, 1973).

A mensuração da espessura corneana é um meio para monitorar a função e a integridade das células endoteliais (GILGER et al., 1993) e é útil para acompanhamento e diagnóstico de alterações patológicas que acometem a córnea (YAMANE, 1996; MODIS et al., 2001).

## 6.2. Retina

A espessura da retina da espécie *Falco tinnunculus* estudada neste trabalho foi medida da membrana limitante interna até o epitélio pigmentar. Foi observado um aumento gradativo nos pontos 1 a 3 e um decréscimo gradativo nos pontos 4 a 6, sendo os locais de maior espessura os pontos 3 e 4. Suas localizações estão próximas e/ou ao redor do nervo óptico, no olho direito. Zhikuan & Shuhua (1999a), relatou mensurações histológicas da retina de humanos semelhantes ao nosso trabalho, formando um gráfico em formato de “U” de ponta cabeça. Na base seria a *ora serrata*, correspondente aos pontos 1(i e i’) e 6 (vi e vi’), de nosso trabalho, com as menores espessuras, com aumento/diminuição no equador, correspondente aos pontos 2 (ii e ii’) e 5 (v e v’), respectivamente, e pico na borda macular, correspondente ao ponto 3 (iii e iii’) e 4 (iv e iv’), respectivamente.

A média da espessura analisada em *Falco tinnunculus*, obtida pela morfometria de corte histológico, variou de 19,56 $\mu$ m a 394,84 $\mu$ m, dependendo do ponto avaliado. Na literatura não foram encontradas referências destes dados em animais, apenas medições realizadas em humanos utilizando a técnica de analisador da espessura retiniana (RTA), obtendo um valor médio de 171,77 $\pm$ 26,13 $\mu$ m (ZHUKUAN & SHUHUA, 1999b).

A espessura da retina em humanos está significativamente correlacionada com a idade, como mostra o trabalho de Alamouti & Funk (2003), utilizando a técnica de tomografia de coerência óptica (OCT), onde verificaram que há uma diminuição anual de cerca de 0,53 $\mu$ m. No estudo atual, não foi possível considerar a idade exata das aves em relação a espessura da retina, por se tratar de animais adultos provenientes de vida livre.

Quanto a avaliação da espessura retiniana nos olhos direitos e esquerdos, não foram encontrados na literatura referências para realizar a comparação e discussão.

Ao comparar as médias da espessura nos machos e nas fêmeas, foi observada uma diferença significativa em três pontos (3, 4 e 5), nos quais a espessura foi maior nas fêmeas do que nos machos. Estes dados são semelhantes aos descritos na

literatura, como mostrou o trabalho com humanos utilizando o analisador da espessura retiniana (RTA), no qual as mulheres apresentavam retinas mais espessas do que os homens (ZHUKUAN & SHUHUA, 1999b). Contradizendo, Alamouti & Funk (2003), que não encontraram diferenças significativas entre homens e mulheres utilizando a técnica de tomografia de coerência óptica (OCT). A diferença observada nas aves do sexo feminino, talvez possa ser explicada pelo fato destas necessitarem de uma melhor visão para a escolha do parceiro, para os cuidados com os filhotes e proteção do ninho contra possíveis predadores. Por outro lado, a maior espessura representa maior eficiência visual? A maior espessura seria para compensar uma eficiência visual menor? Estudos futuros são indispensáveis para avaliar a eficiência visual em relação à espessura da retina, assim como estudos da composição de cada camada em relação a sua celularidade.

### 6.3. Coróide

Em relação à espessura da coróide, a dos olhos esquerdos foi maior que a dos olhos direitos na maioria dos pontos. Considerando os sexos, a espessura variava com os pontos. Ambos os estudos não apresentaram resultados estatisticamente significativos. Na literatura foi encontrada apenas referência de humanos, nos quais a média da espessura da coróide era mais fina na região nasal, espessando-se na região subfoveal, e novamente afinando na região temporal (MANJUNATH et al., 2010).

Analisando as dimensões da coróide e da retina, tanto no trabalho de Manjunath et al. (2010) em seres humanos, como neste trabalho, não foram observadas correlações.

Em humanos é descrita uma gradual diminuição da espessura associada a idade (MANJUNATH et al., 2010; FERRARA et al., 2011), podendo diminuir a uma taxa de aproximadamente  $16\mu\text{m}$  por década de vida (FERRARA et al., 2011). Neste estudo com *Falco tinnunculus* esta relação não pode ser feita, pois foram utilizadas aves adultas de vida livre, não sendo possível determinar a idade exata destes animais.

A espessura pode ser influenciada por fatores nutricionais, como mostrou um

estudo em coelhos, nos quais a dieta hipercolesterolêmica induziu rapidamente o aumento da espessura da coróide e esclera (TORRES et al., 2009). Em aves, a espessura da coróide, sofre oscilações diurnas, normalmente, com espessamento durante a noite e afinamento durante o dia. O significado funcional destes dois ritmos é ainda desconhecido (NICKLA, 2007). Neste trabalho, a enucleação dos globos oculares ocorreu em diversos horários do dia, não sendo possível fazer este tipo de correlação.

Convém considerar que mensurações obtidas diretamente da seção histológica podem assumir espessuras subestimadas, já que o tecido sofre encolhimento e drenagem do sangue *post mortem* devido perda do tônus das veias coroidais (FRIBERC & LACE, 1988; JAMIN et al., 2009). Dessa maneira, a medida da coróide *in vivo*, com os vasos cheios de sangue, deve mostrar valores maiores pelo ultrassom (FRIBERC & LACE, 1988).

#### 6. 4. Esclera

No teste de Tukey, apenas a média da espessura da esclera no ponto 4 (menor de todas), mostrou ser estatisticamente significativa, quando comparado com os outros pontos, que apresentaram valores maiores e próximos entre si. Em humanos, a menor espessura foi no equador (OLSEN et al., 1998; NORMAN et al., 2010), relativo aos pontos 2 e 5 nos olhos de *Falco tinnunculus*.

A espessura da esclera em humanos (OLSEN et al., 1998; NORMAN et al., 2010) e suínos (OLSEN et al., 2002), verificada por outras técnicas, foi maior que nesta espécie estudada, já que a média mais alta das espessuras encontradas em *Falco tinnunculus* ( $118,39 \pm 75,82 \mu\text{m}$ ) não atingiu a média mais baixa da esclera humana ( $491 \mu\text{m}$ ) (NORMAN et al., 2010) e suína ( $310 \mu\text{m}$ ) (OLSEN et al., 2002). Devido à variação da espessura da esclera em cada ponto estudado, Norman et al. (2010), afirma que é necessário conhecer a distribuição da espessura escleral em todo o globo ocular.

Não houve diferença significativa entre os sexos e não foi encontrado na literatura este tipo de relato em outros vertebrados.

Shchukin et al. (1998), relata que com o passar dos anos, a esclera geralmente apresenta um lento e irreversível espessamento. Não foi possível neste trabalho relacionar a idade com a espessura da esclera, já que as aves estudadas eram adultas de vida livre, sem informação da idade exata.

As dimensões da esclera são de interesse fisiológico e patológico. A espessura escleral, especialmente perto da região de inserção do nervo óptico, é um fator de potencial interesse sobre o desenvolvimento da neuropatia óptica glaucomatosa (NORMAN et al., 2010). Lee et al. (2004) relatam que a pressão intra-ocular pode afetar a espessura da esclera. Em particular, a esclera é o tecido de suporte do olho, assim, as diferenças nas propriedades esclerais podem afetar significativamente a mecânica do mesmo (NORMAN et al., 2010).

Finalizando, ainda são poucos os trabalhos com a paquimetria da córnea (GOMES et al., 2006), retina, coróide e esclera em medicina veterinária. Como na literatura há escassez de trabalhos com aves nesta área, principalmente utilizando a técnica de mensuração destas estruturas oculares, por meio de cortes histológicos, inúmeras pesquisas em diversas áreas podem ser desenvolvidas gerando novas informações a respeito deste sistema ocular.

## **7. CONCLUSÕES**

A técnica histológica induz alterações nas dimensões da córnea, dificultando comparações com resultados obtidos por outras técnicas, descritos na literatura.

Em geral, não há diferenças entre as dimensões das estruturas analisadas dos olhos direitos e esquerdos.

Olhos de animais de sexos diferentes se diferenciam apenas quando considerado a espessura da retina, que é maior nas fêmeas que nos machos.

A retina e a esclera apresentam comportamentos opostos e compensatórios considerando a sua espessura, enquanto que a coróide fica praticamente inalterada.

## 8. REFERÊNCIAS

ALAMOUTI, B.; FUNK, J. Retinal thickness decreases with age: an OCT study. **British Journal of Ophthalmology**, v.87, n.7, p.899-901, 2003.

ALTMAN, R.B.; CLUBB, S.L.; DORRESTEIN, G.M.; QUESENBERRY, K.. **Avian Medicine and Surgery**. Pennsylvania: W.B. Saunders, 1997, p.569-589.

ANDREW, S.E.; RAMSEY, D.T.; HAUPTMAN, J.G.; BROOKS, D.E. Density of corneal endothelial cells and corneal thickness in eyes of euthanatized horses. **American Journal of Veterinary Research**, v.62, p.479-482, 2001.

ANDREW, S.E.; WILLIS, A.M.; ANDERSON, D.E. Density of corneal endothelial cells, corneal thickness, and corneal diameters in normal eyes of llamas and alpacas. **American Journal of Veterinary Research**, v.63, p.326-329, 2002.

ARND, C.; REESE, S.; KOSTLIN, R. Preservation of canine and feline cornescleral tissue in Optisol® GS. **Veterinary Ophthalmology**, v.4, n.3, p.175-182, 2001.

BARTHOLOMEW, L.R.; PANG, D.X.; SAM, D.A.; CAVENDER, J.C. Ultrasound biomicroscopy of globes from young adult pigs. **American Journal of Veterinary Research**, v.58, n.9, p.942-948, 1997.

BAYÓN, A.; ALMELA, R.M.; TALAVERA, J. Avian Ophthalmology. **Ophthalmology**, v.17, n.3, p.253-265, 2007.

BROOKE, M.L.; HANLEY, S.; LAUGHLIN, S.B. The scaling of eye size with body mass in birds. **Proceedings of the Royal Society B: biological sciences**, v.266, p.405-412, 1999.

BROOKS, D.E; MURPHY, C.J.; QUESEMBERRY, K.E.; WALSH, M.T. Surgical correction of a luxated cataractous lens in a barred owl. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.183, n.11, p.1298-1299, 1983.

BURTON, R.F. The scaling of eye size in adult birds: Relationship to brain, head and body sizes. **Vision Research**, v.48, p.2345-2351, 2008.

BUYUKMIHCI, N.C. Lesions in the ocular posterior segment of raptors. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.187, n.11, p.1121-1124, 1985.

BUYUKMIHCI, N.C.; MURPHY, C.J.; SCHULZ T. Developmental ocular disease of raptors. **Journal of Wildlife Diseases**. v.24, n.2, p.207-213, 1988.

CHAN, T.; PAYOR, S.; HOLDEN, B.A. Corneal thickness profiles in rabbits using an ultrasonic pachometer. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.24, n.10, p.1408- 1410, 1983.

CHAN-LING, T.; EFRON, N.; HOLDEN, B.A. Diurnal variation of corneal thickness in the cat. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.26, n.1, p.102-105, 1985.

COLLIN, S.P.; COLLIN, H.B. A comparative study of the corneal endothelium in vertebrates. **Clinical and Experimental Optometry**. v.81, n.6, p.245-254, November–December 1998.

COULOMBRE, A.J.; COULOMBRE, J.L. The skeleton eye. **Developmental Biology**, v.33, n.2, p. 257-267, 1973.

DE STEFANO, M.E.; MUGNAINI, E. Fine Structure of the Choroidal Coat of the Avian Eye. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**. v.38, n.6, p.1241-1260, 1997.

DETWILER, S. R. The eye and its structural adaptations. **American Philosophical Society**. v.99, n.4, p.224-238, 1955.

DOUGHTY, M.J.; ZAMAN, M.L. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. **Survey of Ophthalmology**, v.44, n.5, p.367-408, 2000.

EVERITT, B.S.; DER, G. **Handbook of statistical analyses using SAS**. 2<sup>nd</sup> ed., Chapman & Hall, 2001, 376p.

FABER, C.; SCHERFIG, E.; PRAUSE, J.U.; SORENSEN, K.E. Corneal Thickness in Pigs Measured by Ultrasound Pachymetry In Vivo. **Scandinavian Journal Laboratory Animal Science**, v. 35, n.1, 2008.

FERRARA, D.C.; LAUD, K.; SLAKTER, J.S. Age-related choroidal atrophy: a new entity associated with the aging eye. Disponível em <http://www.retinalphysician.com/printarticle.aspx?article=104015> Acesso em 24/01/11.

FRANZ-ODENDAAL, T.A. Intramembranous ossification of scleral ossicles in Chelydra serpentine. **Zoology**, v.109, n.1, p.75-81, 2005.

FRANZ-ODENDAAL, T.A.; VICKARYOUS, M.K. Skeletal elements in the vertebrate eye and adnexa: morphological and developmental perspectives. **Developmental Dynamics**, v.235, n.5, p.1244-1255, 2006.

FRANZ-ODENDAAL, T.A. Scleral ossicles of teleostei: evolutionary and developmental trends. **Anatomical Record**, v.291, n.2, p.161-168, 2008.

FRIBERC, T.R.; LACE, J.W. A Comparison of the Elastic Properties of Human Choroid and Sclera. **Experimental Eye Research**, v.47, n.3, p.429-436, 1988.

FROST, C. Experiences with pet budgerigars. **Veterinary Record**, v.73, p.621-626, 1961.

GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. 3<sup>rd</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins, Pennsylvania, p.689-694, 1999.

GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. Vol.2. 4<sup>th</sup> ed. Blackwell Publishing, Iowa, p.1370-1405, 2007.

GILGER, B.C.; WHITLEY, R.D.; MCLAUGHLIN, S.A.; WRIGHT, J.C.; DRANE, J.W. Canine corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry. **American Journal Veterinary Research**, v.52, n.10, p.1570-1572, 1991.

GILGER, B.C.; WRIGHT, J.C.; WHITLEY, R.D.; MCLAUGHLIN, S.A. Corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry in cats. **American Journal of Veterinary Research**, v.52, n.2, p.228-230, 1993.

GOMES, H.R.; CHAVES, N.S.T.; EURIDES, D.; JACOMINI, C.Z.; NASSARALA, B. Paquimetria ultra-sônica de córneas de caninos e suínos. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.2, p.193-199, 2006.

GUIMARÃES, M.B.; ESTEVES, C.A.L.G.; SCHOLTZ, V.S.; CONTIERI, M.B.; MOTA, E.F.F.; DAGLI, M.L.Z.; BARROS, P.S.M. Melanoma ocular em papagaio verdadeiro (*Amazona aestiva*): relato de caso. **VIII Congresso ABRAVAS e XIII Encontro da Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens**, Jaboticabal, 2004.

GUMPENBERGER, M.; KORBEL, R. Ultrasonographic and Computertomographic Examinations of the Avian Eye. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v.42, n.4, p.362, 2005.

GWIN, R.M.; LERNER, I.; WARREN, J. K.; GUM, G. Decrease in canine corneal endothelial cell density and increase in corneal thickness as functions of age. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**. v.22, n.2, p.267-271, 1982.

HART, N.S.; PARTRIDGE, J.C.; CUTHILL, I.C. Retinal asymmetry in birds. **Current Biology**. v.10, n.2, p.115–117, 2000.

HART, N.S. Vision in the peafowl (Aves: Pavo cristatus). **The Journal of Experimental Biology**. v.205, p.3925-3935, 2002.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2006, p.358-366.

HUANG, Y.; MEEK, K.M. Swelling studies on the cornea and sclera: the effects of pH and ionic strength. **Biophysical Journal**, v.77, n.3, p.1655-1665, 1999.

HVENEGAARD, A.P.; SAFATLE, A.M.V.; GUIMARÃES, M.B.; FERREIRA, A.J.P.; BARROS, P.S.M. Retrospective study of ocular disorders in Amazon parrots. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.29, n.12, p.979-984, 2009.

JAMIN S. BROWN; D. IAN FLITCROFT; GUI-SHUANG YING; ELLIE L. FRANCIS; GREGOR F. SCHMID; GRAHAM E. QUINN; RICHARD A. STONE. In Vivo Human Choroidal Thickness Measurements: Evidence for Diurnal Fluctuations. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 50, n. 1, p.5-12, 2009.

JONES, M.P.; PIERCE, K.E.; WARD, D. Avian Vision: A Review of Form and Function with Special Consideration to Birds of Prey. **Journal of Exotic Pet Medicine**, v.16, n.2, p.69-87, 2007.

KIKKAWA, Y. Diurnal Variation in Corneal Thickness. **Experimental Eye Research**, v.15, p.1-9, 1973.

KING, A.S.; MCLELLAND, J. **Birds: their structure and function**. London: Bailliere Tindal, 1984.

KOLB, H. How the Retina Works. **American Scientist**. v.91, p.28-35, 2003.

KORBEL, R. Ocular manifestations of systemic diseases in birds. **Tierärztl Praxis**, v.20, n.4, p.385-394, 1992.

KORBEL, R. Practical lab: avian ophthalmology-principles and application. In: CONFERENCE ON AVIAN MEDICINE AND SURGERY, 2009, Hannover. **Proceedings Association of Avian Veterinarians European Committee (EAAV)**, p.275-290.

KUDO, S.; KANEMAKI, N.; UCHIUM, N.; NATSURA, K. The thickness of the cornea using an ultrasonic Pachymeter in adult dogs. **Journal of Veterinary Medical Association**, v. 49, n.1, p. 32-34, 1996.

LA ROSA, F.A.; GROSS, R.L.; ORENGO-NANIA, S. Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations. **Archives of Ophthalmology**, v.119, p.23–27, 2001.

LEE, S.B.; GEROSKI, D.H.; PRAUSNITZ, M.R.; EDELHAUSER, H.F. Drug delivery through the sclera: effects of thickness, hydration, and sustained release systems. **Experimental Eye Research**, v.78, p.599–607, 2004.

LIMA, F.C.; VIEIRA, L.G.; SANTOS, A.L.Q.; DE SIMONE, S.B.S.;HIRANO, L.Q.L.; SILVA, J.M.M.; ROMÃO, M.F. Anatomy of the scleral ossicles in brazilian birds. **Brazilian Journal Morphology Science**. v.26, n.3-4, p. 165-169, 2009.

LINDLEY, D.M.; HATHCOCK, J.T.; MILLER, W.W.; DIPINTO, N. Fractured scleral ossicles in a red tail hawk. **Veterinary Radiology & Ultrasound Raleigh**, v.29, n.5, p.209-212, 1988.

MACHECHA, G.A.B.; OLIVEIRA, C.A. An Additional Boné in the Sclera of the Eyes of Owls and the Common Ptoo (*Nictibius griseus*) and Its Role in the Contraction of the Nictitating Membrane. **Acta Anatômica**, v.163, p.201-211, 1998.

MAIERL, J.; LIEBICH, H.G.; KÖNIG, H.E.; KORBEL, R. Kopf und Stamm. In: KÖNIG, H.E.; KORBEL, R.; LIEBICH, H.G. (Ed.) **Anatomie der Vögel**-Klinische Aspekte und Propädeutik Zier, Greif, Zoo, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2009, p.27-48.

MANJUNATH, V.; TAHA, M.; FUJIMOTO, J.G.; DUKER, J.S. Choroidal Thickness in Normal Eyes Measured Using Cirrus HD Optical Coherence Tomography. **American Journal Ophthalmology**, v.150, n.3, p.325–329, 2010.

MARTIN, G.; ROJAS, L.M.; RAMIREZ, Y.; MCNEIL, R. The eyes of oilbirds (*Steatornis caripensis*): pushing at the limits of sensitivity. **Naturwissenschaften**, v.91, n.1, p.26–29, 2004.

MODIS, L.; LANGENBUCHER, A.; SEITZ, B. Corneal thickness measurements with contact and noncontact Specular Microscopic and Ultrasonic Pachymetry. **American Journal of Ophthalmology**, v.132, p.517-521, 2001.

MONTIANI-FERREIRA, F.; PETERSEN-JONES, S.; CASSOTIS, N.; RAMSEY, D.T.; GEARHART, P.; CARDOSO, F. Early postnatal development of central corneal thickness in dogs. **Veterinary Ophthalmology**. v.6, n.1, p.19–22, 2003.

MONTIANI-FERREIRA, F.; CARDOSO, F.; PETERSEN-JONES, S. Postnatal development of central corneal thickness in chicks of *Gallus gallus domesticus*. **Veterinary Ophthalmology**. v.7, n.1, p.37–39, 2004.

MONTIANI-FERREIRA, F.; Oftalmologia. In: CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R.; CATÃO-DIAS, J.L. (Ed.) **Tratado de Animais Selvagens**. São Paulo: Roca, 2007, p.1092-1104.

MURPHY, C.J.; EVANS, H.E.; HOWLAND, H.C. Towards a schematic eye for the great horned owl. In: DUNKER, H. & FLEISCHER, G. (Ed.) **Functional morphology in vertebrates**. New York: Gustav Fischer Verlag, 1985, p.703-706.

MUSTAFFA-BABJEE, A. Specific and non-specific condition affecting avian eyes. **Veterinary Bulletin**, v.391, p.681-687, 1969.

NICKLA, D.L. Transient increases in choroidal thickness are consistently associated with brief daily visual stimuli that inhibit ocular growth in chicks. **Experimental Eye Research**, v.84, p.951-959, 2007.

NORMAN, R.E.; FLANAGAN, J.G.; RAUSCH, S.M.K.; SIGAL, I.A.; TERTINEGG, I.; EILAGHI, A.; PORTNOY, S.; SLED, J.G.; ETHIER, C.R.. Dimensions of the human sclera: thickness measurement and regional changes with axial length. **Experimental Eye Research**, v.90, p.277-284, 2010.

OLSEN, T.W.; AABERG, S.Y.; GEROSKI, D.H.; EDELHAUSER, H.F. Human sclera: thickness and surface area. **American Journal of Ophthalmology**, v.125, n.2, p.237-41, 1998.

OLSEN, T.W.; SANDERSON, S.; FENG, X.; HUBBARD, W.C. Porcine sclera: thickness and surface area. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v.43, n.8, p.2529-32, 2002.

PAJOOHESH-GANJI, A.; STEPP, M.A. In search of markers for the stem cells of the corneal epithelium. **Biology of the Cell**. v. 97, n.4, p. 265–276, 2005.

PAUNKSNIS, A.; SVALDENIENĖ, E.; PAUNKSNIENĖ, M.; BABRAUSKIENĖ, V. Ultrasonographic evaluation of the eye parameters in dogs of different age. **ULTRAGARSAS**. v.39, n.2, p.1-4, 2001.

PEREIRA, J.P.C.. Peneireiro. Paisagem Protegida da Albufeira do Azibo Disponível em:<<http://www.azibo.org/peneireiro.html>>. Acesso em: 25/01/2011.

PIGATTO, J.A.T.; LAUS, J.L.; SANTOS, J.M.; CERVA, C.; CUNHA, L.S.; RUOPPOLO, V.; BARROS, P.S.M. Corneal endothelium of the magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) by scanning electron microscopy. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**. v.36, n.4, p.702-705, 2005.

PLUMMER, C.E, RAMSEY, D.T.; HAUPTMAN, J.G. Assessment of corneal thickness, intraocular pressure, optical corneal diameter, and axial globe dimensions in Miniature Horses. **American Journal of Veterinary Research**, v.64, n.6, p.661-665, 2003.

RAMSEY, D.T.; HAUPTMAN, J.G.; PETERSEN-JONES, S.M. Corneal thickness, intraocular pressure, and optical corneal diameter in Rocky Mountain horses with cornea globosa or clinically normal corneas. **American Journal of Veterinary Research**, v.60, n.10, p.1317-1321, 1999.

RANZANI, J.J.T.; MOBRICCI, L.A.L.; BRANDÃO, C.V.S.; CHIURCIU, J.L.V.; CREMONINI, D.N.; RODRIGUES, G.N. Espessura corneana mensurada pelo paquímetro ultra-sônico e pelo microscópio especular Topcon SP-2000P em gatos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.356-358, 2008.

REESE, S; KORBEL, R.; LIEBICH, H-G. Sehorgan (Organum visus) In: KÖNIG, H.E., KORBEL, R., LIEBICH, H.G. (Ed.) **Anatomie der Vögel-Klinische Aspekte und Propädeutik Zier-, Greif-, Zoo-, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel**. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2009, p.229-256.

RITCHIE, B.W.; HARRISON, G.J.; HARRISON, L.R. Avian Medicine Principles and Applications. **Winger Publishing**, Lake Worth, p.673-677, 1994.

RODRIGUES, M.P.M.; DANTAS, A.M. Avaliação da *onda b* do eletrorretinograma na *Athene cunicularia*. **Revista Brasileira de Oftalmologia**. v.67, n.6, p.287-291, 2008.

ROMER, A.S. **Osteology of the reptiles**. Chicago: University of Chicago Press, 1956.

SCHOSTER, J.V.; WICKMAN, L.; STUHR, C. The use of ultrasonic pachymetry and computer enhancement to illustrate the collective corneal thickness profile of 25 cats. **Veterinary & Comparative Ophthalmology**, v.5, n.2, p.68-73, 1995.

SCHROEDL, F.; DE STEFANO, M.E.; REESE, S.; BREHMER, A.; NEUHUBER, W.L. Comparative anatomy of nitrenergic intrinsic choroidal neurons (ICN) in various avian species. **Experimental Eye Research**. v.78, n.2, p.187-196, 2004.

SEKO, Y.; AZUMA, N.; TAKAHASHI, Y.; MAKINO, H.; MORITO, T.; MUNETA, T.; MATSUMOTO, K.; SAITO, H.; SEKIYA, I.; UMEZAWA, A. Human Sclera Maintains Common Characteristics with Cartilage throughout Evolution. **PLoS One**. e3709, v.3, n.11, 2008.

SHCHUKIN, E.D.; IZMAILOVA, V.N.; LARIONOVA, N.I.; KRASNOV, M.M.; GUROV, A.N.; BESSONOV, A.I.; AFANAS'EVA, G.N. Creep of the eye sclera. **Materials Research Innovations**, v.2, p.147–149, 1998.

SHLAER, R. An Eagle's Eye: Quality of the Retinal Image. **Science**. v. 176, n.4037, p.920-922, 1972.

STEPP, M.A. Corneal integrins and their functions. **Experimental Eye Research**. n.83, n.1, p.3-15, 2006.

STROBEL, B.K. Okulare sonographie des gesunden und erkrankten auges bei wildgreifvögeln. 2010. 185p. Doktorarbeit. **Fakultät der Ludwigs-Maximilians Universität München**, München.

SURMAN, P.G.; SCHULTZ, D.J.; THAM, V.L. Keratoconjunctivitis and chlamydiosis in cage birds. **Australian Veterinary Journal**, v.50, n.8, p.356-362, 1974.

SVALDENIENĖ, E.; PAUNKSNIENĖ, M.; BABRAUSKIENĖ, V. Canine corneal thickness peculiarities in vivo and after eye ball enucleation. **Veterinarija ir Zootechnika**, v.6, n.28, p.38-40, 1998.

SVALDENIENĖ, E.; PAUNKSNIENĖ, M.; BABRAUSKIENĖ, V. Appliance of digital ultrasonic technique in canine cornea investigations. **ULTRAGARSAS**. v.146, n.1, p.41-45, 2003.

TAMAYO-ARANGO, L.J.; BARALDI-ARTON, S.M.; LAUS, J.L.; MENDES-VICENTI, F.A.; PIGATTO, J.A.; ABIB, F.C. Ultrastructural morphology and morphometry of the normal corneal endothelium of adult crossbred pig. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.117-122, 2009.

THOMAS, R.J.; SZÉKELY, T.; CUTHILL, I.C.; HARPER, D.C.; NEWSON, S.E.; FRAYLING, T.D.; WALLIS, P.D. Eye size in birds and the timing of song at dawn. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.269, n.1493, p.831-837, 2002.

TORRES, R.J.A.; MAIA, M.; NORONHA, L.; FARAH, M.E.; LUCHINI, A.; BRIK, D.; MUCCIOLI, C.; PRÉCOMA, D.B. Avaliação das alterações precoces na coróide e sclera ocorridas em coelhos hipercolesterolêmicos. Estudo histológico e histomorfométrico. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia**, v.72, n.1, p.68-74, 2009.

TSAI, S.S.; PARK, J.H.; HIRAI, K; ITAKURA, C. Eye lesions in pet birds. **Avian Pathology**, v. 22, n.1, p.95-112, 1993.

TUCKER, V.A. The Deep Fovea, Sideways Vision and Spiral Flight Paths in Raptors. **Journal of Experimental Biology**, v.203, n.24, p.3745–3754, 2000.

VAN DER WOERDT, A.; GILGER, B.C.; WILKIE, D.A.; STRAUCH, S.M. Effect of auriculopalpebral nerve block and intravenous administration of xylazine on intraocular pressure and corneal thickness in horses. **American Journal of Veterinary Research**, v.56, n.2, p.155-158, 1995.

VIEIRA, L.G.; LIMA, F.C.; SANTOS A.L.Q.; LIMA, B.C.; GOMES, D.O. Estudo anatômico dos ossículos da esclera de aves de diferentes ordens. In: **35º CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA**. 19 a 22 de outubro, 2008, Gramado-RS.

WALLS, G.L. Birds. In: HAFNER (Ed.). **The vertebrate eye and its adaptive radiation**. New York: Publishing Company, 1963, p.641-662.

WENDELL, M.D.; SLEEMAN, J.M.; KRATZ, G. Retrospective study of morbidity and mortality of raptors admitted to Colorado state university veterinary teaching hospital during 1995 to 1998. **Journal of Wildlife Diseases**, v.38, n.1, p.101-106, 2002.

WILLIAMS, D. Ophthalmology. In: RITCHIE, B.W.; HARRISON, G.J.; HARRISON, L.R. **Avian Medicine: principles and applications**. Lake Worth: FL Wingers Publishing, 1994, p.673-694.

WILLIAMS, D.L.; GONZALEZ VILLAVINCENCIO, C.M.; WILSON, S. Chronic ocular lesions in tawny owls (*Strix aluco*) injured by road traffic. **Veterinary Record**, v.159, n.5, p.148-153, 2006.

WYGNANSKI-JAFFE, T.; MURPHY, C.J.; SMITH, C.; KUBAI, M.; CHRISTOPHERSON, P.; ETHIER, C.R.; LEVIN, A.V. Protective ocular mechanisms in woodpeckers. **Eye**, v.21, p.83–89, 2007.

YAMANE, R. Ceratoscopia, ceratometria, topografia e paquimetria corneana. In: DOMINGUES, D.A.; PENA, A.S.; NETO, P.G. (Ed). **Semiologia ocular**, Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1996, p.116-136.

REESE, S; KORBEL, R.; LIEBICH, H-G. Sehorgan (Organum visus) In: KÖNIG, H.E., KORBEL, R., LIEBICH, H.G. (Ed.) **Anatomie der Vögel**-Klinische Aspekte und Propädeutik Zier-, Greif-, Zoo-, Wildvögel und Wirtschaftsgeflügel. Stuttgart: Schattauer GmbH, 2009, p.229-256.

ZHIKUAN, Y.; SHUHUA, D. Histological Measurement of Human Retinal Thickness. **Journal of Tongji Medical University**, v.19, n.3, p.246-248, 1999a.

ZHIKUAN, Y.; SHUHUA, D. Measurement of Retinal Thickness in Normal Subjects with Retinal Thickness Analyzer. **Journal of Tongji Medical University**, v.19, n.4, p.314-318, 1999b.