RICARDO AUGUSTO PECORA

**Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em
papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)**

São Paulo

2017

RICARDO AUGUSTO PECORA

**Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em
papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientador:

Profa. Dra. Angélica de Mendonça Vaz Safatle

São Paulo

2017

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3496
FMVZ

Pecora, Ricardo Augusto
Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em papagaios-verdadeiros
(*Amazona aestiva*). / Ricardo Augusto Pecora. -- 2017.
71 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2017.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientador: Profa. Dra. Angélica de Mendonça Vaz Safatle.

1. Retina. 2. Histologia. 3. Ave. I. Título.

São Paulo, 20 de maio de 2015
CEUA N 5951050514

Ilmo(a). Sr(a).

Pesquisador(a): Paulo Sérgio De Moraes Barros

Executante: Ricardo Augusto Pecora

Depto/Disc: Departamento De Cirurgia Veterinária

Pesquisadores associados: Angélica De Mendonça Vaz Safatle (fmvz-usp); Paulo Sérgio De Moraes Barros (orientador)

Título do projeto: "Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)".

Parecer Consubstanciado da Comissão de Ética no Uso de Animais FMVZ/USP

A retina corresponde à túnica nervosa do bulbo ocular e está localizada no segmento posterior. É uma das estruturas mais importantes para a visão e sua superfície interna está em contato com o humor vítreo e, a externa, com a coroide. Tem como função captar o estímulo luminoso e transformá-lo em elétrico, o qual será conduzido ao córtex cerebral e, posteriormente, interpretado. A retina é um tecido neural com metabolismo extremamente ativo e elevado consumo de oxigênio. Sua vasculatura pode ser classificada como holangiótica, merangiótica, paurangiótica e anangiótica.

Vários exames complementares são utilizados para avaliar tanto a função quanto a morfologia retiniana. Dentre eles, podemos citar: ultrassonografia, ressonância magnética, retinografia, angiografia fluoresceínica, testes eletrofisiológicos (eletroretinografia focal, de campo total, por reversão de padrões, eletro-oculografia e potencial visual evocado por flash ou varredura) e a tomografia de coerência óptica.

Tomografia de Coerência Óptica (OCT) é uma técnica recente de microscopia in vivo que permite avaliação da constituição da retina e sua integridade estrutural. É um exame não invasivo, de alta resolução e não contato, que utiliza luz próxima ao infravermelho, em um sistema de interferometria, que produz imagens seccionais da retina. O mecanismo de operação da OCT é semelhante ao do ultrassom (US) no modo B, com exceção da utilização de luz ao invés de onda sonora e pelas imagens produzidas terem resolução aproximadamente 10 vezes maior que no US. As diversas estruturas presentes na imagem da OCT são evidenciadas por escala de tons de cinza ou uma escala colorida artificial, que é mais comumente utilizada, por facilitar sua identificação. A escala colorida varia de tons quentes a frios que representam diferentes graus de refletividade luminosa. Cores como vermelho e branco correspondem a estruturas de alta refletividade, como a camada de fibras nervosas e o epitélio pigmentado da retina. Cores frias, como azul e preto, representam estruturas de baixa refletividade, como os fotorreceptores e a coroide.

A OCT representa um dos mais importantes avanços no diagnóstico e auxílio ao tratamento de doenças oculares dos últimos anos. Realiza cortes seccionais da retina e coroide, detectando alterações anatômicas coriorretinianas. A OCT tem se consolidado como uma ferramenta na obtenção de imagens das mais diversas doenças retinianas, podendo ser utilizada também na avaliação do glaucoma e de estruturas do segmento anterior com alta resolução (ordem em microns). Poucos são os estudos empregando esta técnica na Medicina Veterinária.

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, na reunião de 13/05/2015, **ANALISOU** e **APROVOU** todos os procedimentos apresentados neste protocolo.

1. Comunicar toda e qualquer alteração do protocolo.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do protocolo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** à CEUA até a conclusão do protocolo.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

São Paulo, 20 de maio de 2015

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)", protocolado sob o CEUA nº 5951050514, utilizando 60 Espécies silvestres brasileiras (60 machos), sob a responsabilidade de Paulo Sérgio De Moraes Barros, foi aprovado na reunião de 13/05/2015, e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

We certify that the Research "Applicability of optical coherence tomography in blue-fronted parrots (*Amazona aestiva*)", protocol number CEUA 5951050514, utilizing 60 Brazilian wild species (60 males), under the responsibility Paulo Sérgio De Moraes Barros, was approved in the meeting of day 05/13/2015, and agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of the University of São Paulo.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: PECORA, Ricardo Augusto

Título: Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Cirúrgica da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências

Data: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Assinatura: _____ Julgamento: _____

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

São Francisco de Assis

Ao meu companheiro, **Marcelo**, pelo incentivo, pela força e por estar ao meu lado desde o primeiro dia em que decidi me dedicar à Oftalmologia Veterinária.

Aos meus pais, **Heloisa** e **Valdir**, por todo amor e árdua dedicação em ajudar a construir quem eu sou profissional e pessoalmente.

Aos meus irmãos, **Fernando** e **Vanessa**, pelo constante apoio em todos os momentos da minha vida.

A **Deus**, por me agradecer com todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, **Dra. Angélica de Mendonça Vaz Safatle**, pela amizade, confiança, ensinamento, incentivo e por me fazer um profissional melhor.

À **Profa. Dra. Aline Adriana Bolzan**, pelos conselhos, apoio e amizade depositados durante todo o experimento.

Ao **Prof. Dr. Paulo Sergio de Moraes Barros**, pela confiança ao aceitar me orientar no começo do mestrado.

Aos meus amigos do Laboratório de Investigação de Oftalmologia Comparada da FMVZ-USP, **Ana Rodrigues Eyherabide, Débora Galdino Pinto, Eduardo Perlmann, Emily Amin Khayat Rodriguez, Juliana de Souza Jorge, Laysa Mariana Camillo Ribeiro de Carvalho e Michelle Barboza Pereira Braga-Sá**, pelo conhecimento e experiências compartilhadas. Espero que permaneçamos sempre unidos.

À **Dra. Marta Brito Guimarães**, pelo apoio e confiança a mim dispensados.

À **Dra. Sung Eun Song Watanabe**, pela oportunidade de receber seus ensinamentos, por seu carinho e por suas palavras de incentivo.

À **Dra. Denise Aya Otsuki**, pela ajuda na realização da análise estatística e esclarecimento sobre os dados obtidos.

Aos **médicos veterinários, residentes, estagiários e funcionários** do HOVET – FMVZ – USP, e aos secretários do Departamento de Cirurgia, **Lívia dos Santos Gimenes e Belarmino Ney Pereira**, agradeço todo apoio e dedicação.

Ao **Prof. Dr. Antônio Chaves de Assis Neto** e ao **Dr. Amilton Cesar dos Santos**, do Laboratório de Estudos Morfológicos em Biologia da Reprodução da FMVZ – USP, pela ajuda na obtenção das imagens das lâminas dos cortes microscópicos dos bulbos oculares avaliados.

AGRADECIMENTOS

Aos meus **Colaboradores**, por zelarem pelo Centro Veterinário Pet Fanáticos, durante os períodos em que precisei me ausentar.

Às coordenadoras da pós-graduação em Oftalmologia Veterinária da Anclivepa – SP, **Ms. Adriana Lima Teixeira** e **Dra. Renata Squarzoni**, por serem o alicerce da minha trajetória na Oftalmologia Veterinária.

À **Ms. Liliane Milanelo**, coordenadora do **Parque Ecológico do Tietê**, pela disponibilização dos papagaios-verdadeiros utilizados nesta pesquisa.

RESUMO

PECORA, R.A. **Aplicabilidade da tomografia de coerência óptica em papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)**. [Applicability of Optical Coherence Tomography in blue-fronted parrots (*Amazona aestiva*)]. 2017. 71f. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

A Tomografia de Coerência Óptica ou OCT (*Optical Coherence Tomography*) representa importante avanço em diagnóstico e monitoramento de doenças oculares, nos últimos anos, porém na Medicina Veterinária, o emprego da técnica ainda é pouco difundido. Objetivou-se, portanto, utilizar a OCT, no estudo da retina de papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*) adultos saudáveis, visando-se à sua caracterização, bem como, padronizar a técnica do exame para a espécie. Foram avaliadas as camadas da retina, mensuradas as espessuras em diferentes áreas desta e verificada a ocorrência de variações. A dilatação pupilar foi obtida com a instilação de uma gota de brometo de rocurônio (5mg/ml) nos momentos 0, 2, 15, 17, 30 e 32 minutos. Os animais foram sedados com maleato de midazolam (0,5mg/kg) por via intramuscular e anestesiados com propofol (5,0mg/kg) por via intravenosa. Foram realizadas as mensurações das espessuras da Retina Total (RT), da Retina Neurosensorial (RN) e do Complexo de Células Ganglionares (CCG) há 2 milímetros (mm) do pecten em direção à fóvea, cujas médias foram 279,40 micrômetros (µm), 255,90µm e 138,60µm, respectivamente. Estas médias foram comparadas com as médias encontradas em lâminas histológicas digitalizadas em microscópio automático de fluorescência e mensuradas com auxílio do software VS-ASW®, e foram obtidos os valores de 260,30µm para RT, 238,20µm para RN e 129,30µm para CCG, demonstrando alto coeficiente de correlação entre todas as medidas. As imagens permitiram demonstrar a anatomia da retina com visualização e identificação de suas camadas, variações e anormalidades. Estes dados vêm auxiliar no diagnóstico e monitoramento de retinopatias nos papagaios-verdadeiros.

Palavras-chave: Retina. Histologia. Ave.

ABSTRACT

PECORA, R.A. **Applicability of optical coherence tomography in blue-fronted parrots (*Amazona aestiva*)**. [Aplicabilidade da Tomografia de Coerência Óptica em Papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*)]. 2017. 71f. Dissertação (Mestrado em Clínica Cirúrgica) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Optical Coherence Tomography (OCT) represents an important advance in the diagnosis and monitoring of ocular diseases nowadays, but in veterinary medicine, the use of the technique is still not widespread. The aim of this study in research was to use the OCT in the study of the retina of blue-front parrots (*Amazona aestiva*) healthy adults, aiming at its characterization, as well as to standardize the examination technique for the species. The retinal layers were evaluated, the thicknesses measured in different areas of the retina and the occurrence of variations was verified. Pupillary dilatation was obtained by instillation of a drop of rocuronium bromide (5mg/ml) at moments 0, 2, 15, 17, 30 and 32 minutes. The animals were sedated with midazolam maleate (0.5mg/kg) intramuscularly and anesthetized with intravenous application of propofol (5.0mg/kg). Measurements were made of thicknesses of Total Retina (RT), Retinal Neurosensory (RN) and Ganglion Cell Complex (GCC), distant 2 millimeters (mm) from the pecten towards the fovea, whose mean values were 279.40 micrometers (μm), 255.90 μm and 138, 60 μm , respectively. These averages were compared to the averages found on histological slides scanned in an automatic fluorescence microscope and measured with the aid of the VS-ASW® software, and obtained values of 260.30 μm for RT, 238.20 μm for RN and 129.30 μm for GCC, demonstrating high correlation coefficient between all measurements. The images allowed to demonstrate the anatomy of the retina with visibility and identification of its layers, variations and abnormalities. These data aid in the diagnosis and monitoring of retinopathies in blue-front parrots.

Keywords: Retina. Histology. Bird.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Identificação e mensuração das camadas da retina de papagaio-verdadeiro adulto (<i>Amazona aestiva</i>) em imagem obtida com a OCT (LIOC – FMVZ/USP).....	22
Figura 2-	Imagem de lâmina histológica da retina de papagaio-verdadeiro identificando as camadas da retina na seguinte ordem de cima para baixo: CFN, CCG*, CPI, CNI, CPE, CNE, MLE, camada de fotorreceptores (ZM+ ZE) e EPR	25
Figura 3-	Formatos do pecten. Da esquerda para direita: Conicus; Vanellus; Plicatus.....	26
Figura 4-	Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro com a presença da fóvea (seta vermelha) com escala de tons de cinza.....	31
Figura 5-	Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro com a presença da fóvea (seta vermelha) com escala artificial de cores	31
Figura 6-	OCT da retina normal do papagaio-verdadeiro 20, região periférica. EPR apontado pela seta vermelha	32
Figura 7-	Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro com a presença da Membrana Epirretiniana (setas vermelhas)	33
Figura 8-	Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro com a presença de drusa (seta verde)	33
Figura 9-	Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro com a presença de espaço cístico em camada de células ganglionares (seta verde).....	33
Figura 10-	Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro com a presença de cistos em camada nuclear interna (estrela vermelha), e descolamento de retina (seta vermelha) com presença de sangue (seta verde).....	34
Figura 11-	Papagaio-verdadeiro com a pupila dilata após instilação de Brometo de Rocurônio	40
Figura 12-	Papagaio-verdadeiro com as pálpebras fixadas com auxílio de tiras de esparadrapo para manutenção do olho aberto.....	40

Figura 13-	Imagem <i>infrared</i> do olho de papagaio-verdadeiro com a pupila dilatada	41
Figura 14-	Papagaio-verdadeiro posicionado adequadamente para a realização do exame de OCT.....	41
Figura 15-	Microscópio automático de fluorescência Olympus BX61VS.....	40
Figura 16-	Área em azul à direita referente à fóvea, que está sinalizada pela seta vermelha à esquerda. Seta em amarelo à esquerda apontando o ponto onde foram realizadas as medidas de RT, RN e CCG.....	43
Figura 17-	Medida de RT a 2000µm do pécten em direção à fóvea. Valor 317µm.....	43
Figura 18-	Medida de RN a 2000µm do pécten em direção à fóvea. Valor 294µm.....	44
Figura 19-	Medida de CCG a 2000µm do pécten em direção à fóvea. Valor 131µm.....	44
Figura 20-	Representação gráfica dos valores das medidas de retina total (RT), retina neurosensorial (RN) e complexo de células ganglionares (CCG) de 43 papagaios-verdadeiros (<i>Amazona aestiva</i>), obtidos por OCT. Média ±DP	44
Figura 21-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro apresentando pécten e linha vermelha distanciando aproximadamente 2000µm deste, onde foram realizadas as medidas de RT, RN, CCG.....	47
Figura 22-	Representação gráfica dos valores das medidas de retina total (RT), retina neurosensorial (RN) e complexo de células ganglionares (CCG) de 43 papagaios-verdadeiros (<i>Amazona aestiva</i>), obtidos por microscopia automática de fluorescência. Média ±DP	48
Figura 23-	Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 09 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000µm do pécten em direção à fóvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente.....	49
Figura 24-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro 09 apresentando as mensurações e valores de CCG, RN e RT a aproximadamente 2000µm do pécten, nas cores amarela, vermelha e azul, respectivamente	49

Figura 25-	Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 10 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000µm do pecten em direção à fóvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente	50
Figura 26-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro 10 apresentando as mensurações e valores de CCG, RN e RT a aproximadamente 2000µm do pecten, nas cores amarela, vermelha e azul, respectivamente	50
Figura 27-	Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 14 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000µm do pecten em direção à fóvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente	51
Figura 28-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro 14 apresentando as mensurações e valores de CCG, RN e RT a aproximadamente 2000µm do pecten, nas cores amarela, vermelha e azul, respectivamente	51
Figura 29-	Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 20 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000µm do pecten em direção à fóvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente	52
Figura 30-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro 20 apresentando as mensurações e valores de CCG, RN e RT a aproximadamente 2000µm do pecten, nas cores amarela, vermelha e azul, respectivamente	52
Figura 31-	Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 27 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000µm do pecten em direção à fóvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente	53
Figura 32-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro 27 apresentando as mensurações e valores de CCG, RN e RT a aproximadamente 2000µm do pecten, nas cores amarela, vermelha e azul, respectivamente	53

Figura 33-	Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 43 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000µm do pecten em direção à fóvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente	54
Figura 34-	Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro 43 apresentando as mensurações e valores de CCG, RN e RT a aproximadamente 2000µm do pecten, nas cores amarela, vermelha e azul, respectivamente	54
Figura 35-	Correlação entre os valores de todas as medidas obtidos pelo OCT e microscopia óptica	55
Figura 36-	Correlação entre os valores das medidas da retina total obtidas pelo OCT e pela microscopia óptica	55
Figura 37-	Correlação entre os valores das medidas da retina neurossensorial obtidas pelo OCT e pela microscopia óptica.....	56
Figura 38-	Correlação entre os valores das medidas do complexo de células ganglionares obtidas pelo OCT e microscopia óptica.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Esessuras da retina total, da retina neurossensorial e do complexo de células ganglionares mensuradas por OCT em micrômetros, e olho referente à imagem mensurada. São Paulo, 2017	45
Tabela 2-	Esessuras da retina total, da retina neurossensorial e do complexo de células ganglionares mensuradas por histometria, em micrômetros, e olho referente à imagem mensurada. São Paulo, 2017	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µm	Micrômetro
ARVO	<i>Association for Research in Vision and Ophthalmology</i>
CCG	Complexo de células ganglionares
CCG*	Camada de células ganglionares
CETAS	Centros de triagem de animais silvestres
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CFN	Camada de fibras nervosas
CNE	Camada nuclear externa
CNI	Camada nuclear interna
CPE	Camada plexiforme externa
CPI	Camada plexiforme interna
DP	Desvio padrão
EPR	Epitélio pigmentado da retina

ERG	Eletrorretinografia
FMVZ/USP	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo
H/E	Hematoxilina/eosina
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
LIOC	Laboratório de Investigação em Oftalmologia Comparada
mg/kg	Miligramas por quilograma
mg/ml	Miligramas por mililitro
mm	Milímetro
MLE	Membrana limitante externa
MLI	Membrana limitante interna
MMA	Ministério do Meio Ambiente
nm	Nanômetro
OCT	<i>Optical Coherence Tomography</i>

OD	Olho direito
OE	Olho esquerdo
PRA	Atrofia progressiva de retina
RN	Retina neurosensorial
RT	Retina total
SE/SI	Camada dos segmentos externo e interno dos fotorreceptores
SISBio	Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
ZE	Zona elipsoide
ZM	Zona mioide

SUMÁRIO

<u>1 INTRODUÇÃO</u>	21
<u>2 REVISÃO DE LITERATURA</u>	23
<u>2.1 Retina</u>	23
<u>2.2 Retina das aves</u>	25
<u>2.3 Avaliação da retina – exames complementares</u>	27
<u>2.4 Tomografia de coerência óptica</u>	29
<u>2.5 OCT na oftalmologia veterinária</u>	34
<u>2.6 OCT na oftalmologia aviária</u>	35
<u>3 OBJETIVO</u>	36
<u>4 MATERIAIS E MÉTODOS</u>	37
<u>5 RESULTADOS</u>	41
<u>6 DISCUSSÃO</u>	55
<u>7 CONCLUSÃO</u>	61
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	62

1 INTRODUÇÃO

Observa-se o aumento no número de atendimentos oftálmicos em aves da ordem Psittaciformes, na qual se incluem os papagaios, seja pela adoção destes animais como *pets* ou pela conscientização relativa à preservação das espécies (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007). Também nota-se o aumento do número destas aves que são recolhidas pelos centros de triagem de animais silvestres (CETAS), seja por abandono, resgate do tráfico ou pós-trauma. Estes animais têm sua espécie identificada, avaliada e depois são destinados para programas de soltura. Nos casos em que a ave não tem mais condições de ser solta na natureza, ela poderá ser destinada para zoológicos, mantenedores ou criadouros científicos (ANDRADE; AZEVEDO, 2011).

A maioria das espécies de aves dependem das suas habilidades visuais, pois estas são essenciais ao voo, à alimentação e à reprodução. A acuidade visual das aves é duas a oito vezes superior à dos mamíferos, o sistema visual é altamente especializado e a percepção de cores excelente (GRAHAM et al, 2006; BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007).

A visão é fundamental para a qualidade de vida das aves e de extrema importância para o sucesso da reabilitação e retorno para a vida livre. Porém, as retinopatias são pouco diagnosticadas nos pássaros, pelo pequeno tamanho dos seus olhos e pelo difícil acesso ao segmento posterior, mesmo com o auxílio do oftalmoscópio direto, indireto, ultrassonografia ou eletrorretinografia (ERG) entre outras formas de avaliação (EFE et al, 2006; GALLEGU, 2015). O exame histopatológico *post mortem* é que, na maioria das vezes, diagnostica a doença. Atualmente, na oftalmologia humana, o exame de escolha para detecção e monitoramento de doenças do segmento posterior do bulbo ocular é a tomografia de coerência óptica (OCT – do inglês optical coherence tomography), uma tecnologia de diagnóstico por imagem que capta imagens tridimensionais com resolução em micron (μ) (GEKELER et al, 2007).

A OCT é uma técnica de imagem de alta resolução, não invasiva, de não contato que pode ser utilizada na avaliação das mudanças estruturais dos segmentos anterior e posterior do bulbo ocular (McLELLAN; RASMUSSEN, 2012). Na retina, age como uma microscopia *in vivo*, permitindo avaliar a sua

constituição e sua integridade estrutural (NARFSTROM; PETERSEN-JONES, 2013), permitindo, por meio das imagens obtidas, avaliar as camadas retinianas (figura 1).

A interpretação qualitativa das imagens avalia a presença ou ausência de estruturas anormais com base no conhecimento da anatomia e a interpretação quantitativa baseia-se na distinção das camadas da retina e calcula com precisão a espessura destas e da retina total (DUKER; WAHEED; GOLDMAN, 2015).

Conhecer as características anatômicas e fisiológicas do sistema visual destes animais, associado ao desenvolvimento de técnicas e métodos de padronização da normalidade são essenciais para os oftalmologistas veterinários realizarem o diagnóstico, monitoramento e tratamento das afecções oculares (WILLIAMS, 1994; IONASCU; ENACHE, 2011).

Figura 1 – Identificação e mensuração, em micrômetros (μm), das camadas da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) em imagem obtida com a OCT: camada de fibras nervosas (CFN); camada de células ganglionares (CCG*); camada plexiforme interna (CPI); camada nuclear interna (CNI); camada plexiforme externa (CPE); camada nuclear externa (CNE); membrana limitante externa (MLE); zona mioide (ZM); zona elipsoide (ZE); epitélio pigmentado da retina (EPR)

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Retina

A retina corresponde à túnica nervosa do bulbo ocular e é uma das estruturas mais importantes para o processo de visão. Localizada no segmento posterior do olho, sua superfície interna se encontra em contato com o humor vítreo e, a externa, com a coroide. Sua função é captar o estímulo luminoso e transformá-lo em elétrico, que será conduzido ao córtex cerebral para ser interpretado posteriormente (SAMUELSON, 2013).

A retina, composta de 10 camadas (figura 2), divide-se em dois componentes: o epitélio pigmentado, originário da camada externa da vesícula óptica embrionária, e a retina neurosensorial, proveniente da camada interna. A retina neurosensorial é composta por nove camadas: camada de fotorreceptores (zona elipsoide e zona mioide); membrana limitante externa; camada nuclear externa; camada plexiforme externa; camada nuclear interna; camada plexiforme interna; camada de células ganglionares; camada de fibras nervosas e membrana limitante interna (SAMUELSON, 2013; GALLEG0, 2015).

A Camada de Fotorreceptores apresenta dois tipos de células: os cones, que trabalham em condições fotópicas e os bastonetes, em condições escotópicas (DANTAS, 1995). Esta camada está sinalizada na figura 2 como ZE e ZM. Na primeira zona há um grande acúmulo de mitocôndrias e na outra zona ocorre a síntese proteica (NAVARRO, 2009).

Regulando o meio extracelular dos fotorreceptores e mantendo o alinhamento preciso dos cones e bastonetes, aparece a MLE que é constituída de zonas de adesão entre as células de Müller e os fotorreceptores (BRON et al., 1997; SAMUELSON, 2007).

Na CNE se encontra um número variado de camadas de núcleos dos fotorreceptores de acordo com a região examinada (BRON et al., 1997).

A CPE é onde aparecem os terminais sinápticos dos neurônios de primeira ordem, que são os cones e bastonetes e de segunda ordem, que são células bipolares (BRON et al, 2007; NAVARRO, 2009).

Compondo a CNI estão os núcleos das células horizontais, bipolares, amácrinas e de Müller (NAVARRO, 2009). Estes são neurônios de natureza centrífuga, pois recebem informação sensorial da CPI e suas sinapses se situam na CPE (BRON et al., 1997).

A CPI compreende as sinapses das células bipolares com as células amácrinas, interplexiformes e ganglionares, que são neurônios de terceira ordem, além de processos das células de Müller e microvasculatura abundante (BRON et al., 1997).

A CCG* é composta pelos corpos celulares dos neurônios de terceira ordem, processos das células de Müller e ramos de vasos retinianos. Cada célula possui apenas um axônio que convergem para formação do nervo óptico (BRON et al., 1997).

A CFN contém os axônios das células ganglionares organizados em feixes, células gliais, leito capilar e fibras eferentes. Para manter a transparência da retina, estas fibras nervosas não são mielinizadas (BRON et al., 1997; SAMUELSON, 2007).

As células de Müller são células da glia que rodeiam os neurônios da retina e são as únicas que se prolongam através de todas as camadas e se fundem às fibrilas colágenas, às fibrilas proteoglicanas e às outras células gliais da retina formando a Membrana Limitante Interna (MLI) (EVANS & MARTIN 1993).

A vasculatura da retina pode ser classificada como holangiótica (maioria dos mamíferos), merangiótica (lagomorfos), paurangiótica (ungulados) e anangiótica (aves e alguns poucos mamíferos) (SAMUELSON, 2013). A espessura da retina, na maioria dos animais domésticos, varia entre 200 a 240 μm , na região central, e 100 a 190 micrômetros (μm), na periférica. Samuelson, em 2013, concluiu que as retinas avasculares ou pouco vascularizadas raramente excedem 140 μm . A retina é um tecido nervoso com metabolismo extremamente ativo e elevado consumo de oxigênio (SAMUELSON, 2013; GALLEG0, 2015).

Figura 2 – Imagem de lâmina histológica da retina de papagaio-verdadeiro identificando as camadas da retina na seguinte ordem de cima para baixo: CFN, CCG*, CPI, CNI, CPE, CNE, MLE, camada de fotorreceptores (ZM+ ZE) e EPR

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

2.2 Retina das Aves

A organização das camadas da retina das aves é a mesma que dos outros vertebrados, porém, as variações na morfologia, nas regiões de maior acuidade visual e na vascularização são significantes (JONES; PIERCE; WARD, 2007). A retina das aves difere acentuadamente da retina dos mamíferos (WILLIAMS, 2012), é avascular ou anangiótica (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; JONES; PIERCE; WARD, 2007; WILLIAMS, 2012; RAUSCHER et al., 2013) e desprovida de área tapetal (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; WILLIAMS, 2012).

A retina avascular das aves é nutrida por uma estrutura especializada e altamente vascularizada, denominada pecten (JONES; PIERCE; WARD, 2007; DAYAN; OZAYDIN, 2013; RAUSCHER et al., 2013). É uma estrutura não sensorial densamente pigmentada, com formato variável, que se estende do nervo óptico para a câmara vítrea. Ele também provê oxigênio à retina, atua na manutenção do equilíbrio acidobásico e de uma temperatura intraocular constante (JONES; PIERCE; WARD, 2007) e faz parte da barreira hematorretiniana (DAYAN; OZAYDIN, 2013). A estrutura vascular do pecten é maior e mais elaborada nas espécies de aves diurnas que nas noturnas (JONES; PIERCE; WARD, 2007). Há três tipos de pecten, diferenciados pelo formato: *Conicus*, encontrado somente nas aves da família *Apterygidae*, comumente chamadas de kiwi; *Vanellus*, encontrado nas espécies restantes de *Struthioniformes*, como avestruzes e emas, e em *Tinamiformes*, que são as perdizes da América Latina, como macucos e inhambus; *Plicatus*, encontrado nas outras espécies de aves (GALLEGO, 2015) (figura 3).

Figura 3 – Formatos do pecten. Da esquerda para direita: Conicus; Vanellus; Plicatus

Fonte: (GALLEGO, M. L. V., 2015).

A acuidade visual das aves é aperfeiçoada pela sua própria estrutura, cuja densidade de fotorreceptores funcionais pode ser muitas vezes maior que nos humanos (GURTUKUN, 2000). A relação de cones por bastonetes é maior nas espécies de hábitos diurnos, o que consiste em uma grande acuidade visual e em contraste, a retina das espécies de hábitos noturnos possui uma alta densidade de bastonetes, implicando uma alta sensibilidade visual (KIAMA et al, 2001). Os tipos e a distribuição dos fotorreceptores são variáveis, estando usualmente presentes cones, cones duplos (auxiliam na detecção de movimento), cones com gotícula de óleo (provavelmente, responsáveis por filtrar uma gama específica de luz) e bastonetes (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007). Muitas espécies de aves possuem regiões da retina em que a densidade de fotorreceptores funcionais é alta e contém uma predominância de cones. Estas áreas são conhecidas como fóveas (SAMUELSON, 2013). As aves podem ser desprovidas de fóvea ou possuir uma ou duas fóveas (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; RAUSCHER et al., 2013).

Na família Psittacidae, que inclui o Papagaio-verdadeiro (*Amazona aestiva*) a retina possui apenas uma fóvea, localizada na região centro-temporal, o pecten é do tipo *plicatus* e a espessura média da retina é de 260,0µm na região mais delgada, que é a fóvea, e de 360,23µm ao redor do pecten, a área mais espessada (PECORA et al, 2014).

As doenças da retina reportadas em aves incluem: anomalias congênitas; degenerativas; inflamatórias e por descolamentos. Traumas constituem as causas mais usuais de lesões do segmento posterior, especialmente em aves de rapina. Coriorretinite por toxoplasmose também tem sido relatada (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007; WILLIAMS, 2012). Descolamento de retina secundário a trauma foi referido por Hvenegaard e colaboradores (2009), em papagaios.

2.3 Avaliação da Retina – Exames Complementares

Para avaliar a função e morfologia da retina, vários exames complementares são utilizados, entre eles a ultrassonografia (DIETRICH, 2013), a ressonância magnética (DUONG, 2011), a retinografia, a angiografia fluoresceínica, a eletrorretinografia (ERG) (EKESTEN, 2013) e, recentemente, a tomografia de coerência óptica (OCT) (DONALDSON; HARTLEY, 2013).

A ultrassonografia é uma técnica amplamente utilizada, sendo empregada na avaliação de oftalmopatias desde 1956 no homem, e, na Medicina Veterinária, desde 1968 (MATTOON; NYLAND, 2002). Permite avaliar as estruturas intraoculares quando existe opacidade de meios, quando não há cooperação adequada do paciente ou este não tem condições físicas para realização de outros exames (ALLERMANN et al., 2010).

Na ressonância magnética, entre as estruturas intraoculares observadas em cães e gatos, incluem-se: córnea; câmaras anterior e posterior; íris; lente; corpo ciliar; retina e esclera. Na órbita, permite a avaliação de: nervo óptico e quiasma; músculos extraoculares; gordura orbitária; glândula salivar zigomática; artéria e veia oftálmicas e ossos (DONALDSON; HARTLEY, 2013).

A angiografia fluoresceínica é um exame utilizado para avaliar a integridade da barreira hematorretiniana, a presença de neovasos e fluido no espaço sub-retiniano, a circulação coroideana, além de permitir a avaliação da vascularização da retina, da coroide e do nervo óptico, possibilitando, de modo não invasivo, a documentação fotográfica (JAFFE; CAPRIOLI, 2004).

O ERG de campo total é um método de diagnóstico preciso para averiguação da função da retina e detecção precoce de lesões, tendo inúmeras aplicações, avaliando a integridade das camadas externas da retina, especialmente dos fotorreceptores. Caracteriza-se por obtenção e registro de uma onda polifásica retiniana, em resposta ao estímulo luminoso (KOMAROMY; SMITH; BROOKS, 1998). Existem relatos da realização do ERG em várias espécies, incluindo cão (SAFATLE et al., 2005), gato (GEKELER et al., 2007), cavalo (KOMAROMY et al., 2003), galinha (PETERSEN-JONES et al., 2006), pombo, coelho, rato, papagaio (HENDRIX; SIMS, 2004), ovelha e macaco (NARFSTROM, 2006).

A OCT é utilizada no exame dos segmentos anterior e posterior do bulbo ocular e representa um importante avanço no diagnóstico e monitoramento de doenças oculares, nos últimos anos (ROSOLEN et al, 2012). Trata-se de exame de alta resolução que pode capturar até 1024 imagens escaneadas em 0,04 segundos com resolução axial de aproximadamente 5 μ m, que realiza cortes seccionais da retina e coroide, permitindo detectar alterações anatômicas (MCLELLAN; RASMUSSEN, 2012).

2.4 Tomografia de Coerência Óptica

Desenvolvida para uso na oftalmologia na década de 1990, a OCT é uma técnica de imagem de alta resolução, não invasiva, de não contato que pode ser utilizada na avaliação das mudanças estruturais dos segmentos anterior e posterior do bulbo ocular (McLELLAN; RASMUSSEN, 2012). Na retina age como uma microscopia *in vivo*, permitindo avaliar a sua constituição e sua integridade estrutural (NARFSTROM; PETERSEN-JONES, 2013). Trata-se de exame que utiliza luz próxima ao infravermelho, em um sistema de interferometria, que produz imagens seccionais da retina (KLOIZMAN et al., 1998). O mecanismo de operação da OCT é semelhante ao do ultrassom modo B, mas ao invés de onda sonora utiliza a luz e a resolução da imagem é aproximadamente dez vezes maior (ROSOLEN et al, 2012).

A OCT emprega a repercussão das ondas luminosas para produzir imagens em cortes transversais dos tecidos oculares. As imagens são formadas a partir de uma série de escaneamentos e obtidas por meio de fibra óptica integrada a um sistema de interferômetro combinado com uma fonte de luz de baixa coerência (McLELLAN; RASMUSSEN, 2012). Com o comprimento de onda de aproximadamente 800nm (nanômetros) a OCT cria imagens tomográficas dos tecidos (KLOIZMAN et al., 1998; UNO; NARDELLI; FARAH, 2000).

A luz, ao atingir uma determinada estrutura anatômica, pode ser reabsorvida, transmitida ou refletida. A luz refletida pelos tecidos é captada pelo aparelho e a informação, processada por um sistema computadorizado, gerando uma imagem. As diversas estruturas presentes na imagem da OCT são evidenciadas por escala de tons de cinza (figura 4) ou escala colorida artificialmente (figura 5), mais comumente utilizada, por facilitar a identificação (SARAIVA et al., 2010). A escala de cores começa do preto, seguido pelo azul, verde, amarelo, vermelho e branco, em ordem crescente de refletividade, como exemplo de estruturas com baixa refletividade, os fotorreceptores e a coroide e de alta refletividade, a camada de fibras nervosas e o epitélio pigmentário da retina (EPR) (THOMAS; DUGUID, 2004). As áreas de alta refletividade, devido ao fenômeno de sombreamento, podem prejudicar a análise das estruturas

localizadas posteriormente a elas, assim como ocorre ultrassonografia (SARAIVA et al., 2010).

Figura 4 - Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) com a presença da fóvea (seta vermelha) com escala de tons de cinza

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 5 - Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) com a presença da fóvea (seta vermelha) com escala artificial de cores

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

O corte óptico permite avaliar as camadas retinianas. A membrana limitante interna é definida de forma clara, devido ao contraste entre o vítreo, não refletivo e a retina, refletiva. Logo abaixo, está localizada a camada de fibras nervosas, de alta refletividade. As camadas plexiformes interna e externa são identificadas pela sua refletividade relativamente aumentada, pois suas fibras estão dispostas perpendicularmente ao feixe de luz, ao contrário das camadas nucleares e de fotorreceptores, que têm seus corpos celulares

orientados paralelamente ao feixe de luz. Externamente à retina neurosensorial, identifica-se uma banda de alta refletividade que corresponde ao EPR (MALERBI; ANDRADE; FARAH, 2010) (figura 6).

Figura 6 - OCT da retina normal do papagaio verdadeiro 20, região periférica. EPR apontado pela seta vermelha

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Estruturas que geram alta refletividade na OCT podem estar na superfície da retina como membrana epirretiniana, que é um tecido cicatricial (figura 7), hemorragias superficiais e exsudatos algodonosos; podem estar dentro da retina, como hemorragias intrarretinianas, exsudatos duros e fibrose intrarretiniana; e podem ser profundas, como hiperplasia do EPR, depósitos de restos celulares sub-retinianos chamados de drusas (figura 8), membranas e cicatrizes sub-retinianas (MALERBI; ANDRADE; FARAH, 2010).

Estruturas que geram baixa refletividade na OCT são, na maior parte das vezes, espaços císticos (figura 9), ou seja, áreas que contêm líquido seroso. A distinção entre sangue, fluido seroso e exsudação pode ser feita com base nas diferenças de refletividade (figura 10), que são proporcionais à concentração de partículas em uma determinada coleção de líquido. O fluido seroso, que contém poucas células, é opticamente transparente. O sangue, por outro lado, origina sinal hiper-refletivo (MALERBI; ANDRADE; FARAH, 2010).

A OCT tem limitações quanto a sua aplicabilidade e acurácia em caso de opacidade de meios, como cicatriz corneana, catarata moderada a grave, hemorragia vítrea, em caso de pupila pequena e alinhamento inadequado do aparelho (FISHER; BARDAL; FARAH, 2010).

Figura 7 – Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) com a presença da Membrana Epirretiniana (setas vermelhas)

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 8 – Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) com a presença de drusa (seta verde)

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 9 – Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) com a presença de espaço cístico em camada de células ganglionares (seta verde)

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 10 – Imagem da OCT da retina de papagaio-verdadeiro adulto (*Amazona aestiva*) com a presença de cistos em camada nuclear interna (setas amarelas), e descolamento de retina (seta vermelha) com presença de sangue (seta verde)

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

A técnica de OCT também pode ser empregada para avaliar a córnea, íris e ângulo iridocorneano, diagnosticar e acompanhar a evolução de neoplasias intraoculares (GUEDES; YAMANE, 2003) e, segundo Saraiva e colaboradores (2010), podem ser estudados o vítreo, o nervo óptico e a coroide.

A interpretação do exame de OCT pode ser qualitativa ou quantitativa, sendo ambas importantes. Na qualitativa avalia-se a presença de alterações ou ausência de estruturas com base no conhecimento da anatomia normal. A quantitativa baseia-se em calcular a espessura e/ou volume da retina e das suas camadas (DUKER; WAHEED; GOLDMAN, 2015). A interpretação requer, também, considerar determinados aspectos, como localização, forma, refletividade e correlação histológica da estrutura avaliada (SARAIVA et al., 2010).

2.5 OCT na Oftalmologia Veterinária

Por ser um exame recente tanto na oftalmologia humana quanto na veterinária, a OCT é, ainda, pouco difundida, mas pode ser muito relevante no diagnóstico de doenças retinianas e do nervo óptico, por ser um exame não invasivo, de não contato e alta resolução (PUGLIESE et al., 2006) e uma ótima ferramenta para aumentar os conhecimentos sobre anatomia, fisiologia e patologia da retina de diferentes espécies animais (GALLEGO, 2015).

Já foram relatados estudos utilizando OCT, em diversas espécies de animais, com a finalidade de pesquisa e diagnóstico em roedores (FISHER et al., 2009), em aves (RUGGERI et al., 2010; RAUSCHER et al., 2013; PECORA et al., 2014), em macacos (STROUTHIDIS et al., 2010), em gatos (PUGLIESE et al., 2006; GEKELER et al., 2007) e em cães (PANZAN et al., 2004; PUGLIESE et al., 2006; HERNANDEZ-MERINO et al., 2011; SAFATLE et al., 2015; SOMMA et al., 2016; BEMIS et al., 2017).

Roedores são conhecidos modelos para doenças humanas, tanto pelo seu baixo custo como pelo fácil acesso aos indivíduos transgênicos (RUGGERI et al., 2008).

A OCT está sendo aplicada em protocolos para tratamento de doenças, avaliando, a eficácia de drogas farmacológicas e de terapias com células-tronco e ao mesmo tempo, reduzindo o número de animais para estes experimentos. Consequentemente, o potencial de utilização da OCT com esta finalidade é alto (GABRIELE et al., 2011).

2.6 OCT na Oftalmologia Aviária

Ainda há poucos estudos das estruturas normais e anormais da retina utilizando OCT em aves e a maior parte em galinhas, como modelos experimentais (HUANG et al, 1998; RUGGERI et al., 2010; MOYAED et al, 2011; RAUSCHER et al., 2013).

Recentemente, Lan e colaboradores (2013) mensuraram a espessura da coroide de galinhas (animais de laboratório), com o auxílio da OCT, para estudo fisiológico e McKibbin e colaboradores (2014) investigaram a degeneração de retina também em galinhas. Todos estes estudos tiveram diferentes protocolos, diversos aparelhos de OCT, mas poucos indivíduos ou espécies de aves incluídas (AZMANIS et al, 2015).

OCT em oftalmologia aviária possibilita a mensuração total e das camadas da retina, avaliação da morfologia das fóveas, da área do pecten, da topografia retiniana, da ausência de vasos sanguíneos e também pode ser realizada em aves que não são usadas como animais de experimento (GALLEGO, 2015). Já foram realizadas em psitacídeos (PECORA et al, 2014), em aves de rapina (RUGGIERI et al, 2010) e comparando aves de espécies diversas (KORBEL et al, 2013; AZMANIS et al, 2015).

2.7 Comparação entre OCT e Histologia das Camadas da Retina

O processamento de olhos para histologia é geralmente considerado difícil e propenso a muitos artefatos que afetam a qualidade das seções histológicas (ABBOTT et al., 2009), especialmente para olhos de pássaro com anéis escleróticos ósseos.

As interpretações corretas dos dados de OCT, que são padrões de refletividade e sua correlação com estruturas anatômicas requerem avaliação por histologia. Como existem diferenças anatômicas nas estruturas da retina, a transferência dos resultados da avaliação e das interpretações dos padrões de refletividade da OCT entre mamíferos e aves e mesmo entre espécies dentro destas classes é imprecisa. Os resultados de OCT para a avaliação completa por histologia da retina humana, geralmente são baseados na transferência de dados da avaliação de espécies relacionadas, como por exemplo, os musaranhos (pequenos mamíferos), devido à indisponibilidade de tecido retiniano de origem de olhos de humanos, por causa da baixa taxa de doadores (ABBOTT et al., 2009).

As primeiras comparações de OCT e histologia foram realizadas por Huang et al. (1991) e Huang et al. (1998) em oftalmologia humana e aviária, respectivamente. Estes avaliaram olhos com retinas normais e degeneradas de galinhas e demonstraram uma alta correlação dos padrões de refletividade da retina obtidos pela OCT e as camadas da retina detectadas por histologia.

Com relação às comparações de sinais de OCT e histologia da retina, há uma concordância geral na literatura científica de que as CFN, CPI e CPE são altamente refletivas e as CNI e CNE menos refletivas. Outras camadas como a camada de CCG* diferiram na refletividade entre as espécies (ABBOTT et al., 2009).

A histologia é considerada o exame padrão-ouro para a identificação das camadas da retina e diagnóstico das retinopatias e os resultados apresentados por Gallego (2015), utilizando a técnica da OCT, validaram esta, como um método diagnóstico adequado na oftalmologia aviária.

3 OBJETIVO

Avaliar a viabilidade da utilização da tomografia de coerência óptica (OCT) no exame da retina de papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*) adultos e hígidos, visando à caracterização da morfologia e padronização do exame para a espécie.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Pesquisa aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP) sob o número 5951050514, autorizada pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBio) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) sob o número 41158 e conduzida conforme os critérios da *Association for Research in Vision and Ophthalmology* (ARVO, 2007).

O experimento foi realizado em 43 papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*) adultos, sem idade definida, machos ou fêmeas, isentos de afecções oculares aparentes e enfermidades sistêmicas, provenientes do Parque Ecológico do Tietê (São Paulo, S.P.). Para realização da OCT, utilizou-se o aparelho Spectralis OCT¹.

Os animais foram contidos manualmente e suas pupilas dilatadas com a instilação de uma gota de brometo de rocurônio² diluído em solução fisiológica (5mg/ml) nos momentos 0, 2, 15, 17, 30 e 32 minutos (figura 11). Em seguida foram sedados com 0,5mg/kg de maleato de midazolam³ por via intramuscular e anestesiados com 5,0mg/kg de propofol⁴ por via intravenosa. Para manter os olhos abertos, foi utilizado o artifício de pequenas tiras de esparadrapo fixadas próximas às rimas palpebrais e puxadas em direção cranial, no caso da pálpebra superior e ventral, da pálpebra inferior (figura 12). Durante todo o procedimento as córneas foram umedecidas com o auxílio de lubrificante ocular⁵ para prevenir o ressecamento e diminuição na qualidade das imagens. Cada ave foi posicionada adequadamente em frente ao aparelho de OCT, focando a retina (figuras 13 e 14), para conseguir imagens nítidas da estrutura, que apareceram no monitor. As imagens foram obtidas pelos protocolos *Lines* (Linha), *Raster Lines* (Volume) e *Radial Lines* (Estrela), e depois selecionadas,

¹ Spectral Domain Optical Coherence Tomography Heidelberg Engineering Spectralis OCT®, Heidelberg Engineering, Califórnia, EUA.

² Rocuron®, Cristália, São Paulo, SP, Brasil.

³ Dormium®, União Química, São Paulo, Brasil.

⁴ Propovan®, Cristália, São Paulo, Brasil.

⁵ Systane®, Alcon Labs, São Paulo, Brasil.

analisadas e mensuradas manualmente. Realizaram-se as mensurações no centro da retina, na região entre a fóvea e o pécten, mais precisamente a 2000 μ m (2mm) deste. Foram determinadas as medidas seguintes para serem realizadas: retina total (RT), delimitada pela borda interna da interface vítreo-retiniana e a borda externa do EPR; retina neurosensorial (RN), definida pela borda interna da interface vítreo-retiniana e a borda externa da zona elipsoide; complexo de células ganglionares (CCG) que inclui a camada de fibras nervosas, a camada de células ganglionares e a camada plexiforme interna.

Figura 11 – Papagaio com a pupila dilata após instilação de Brometo de Rocurônio

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 12 – Papagaio com as pálpebras fixadas com auxílio de tiras de esparadrapo para manutenção do olho aberto

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 13 – Imagem *infrared* do olho de papagaio com a pupila dilatada

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 14 – Papagaio posicionado adequadamente para a realização do exame de OCT

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Dentre todos os papagaios-verdadeiros analisados, seis foram eutanasiados por motivos locomotores. Com o objetivo de avaliar e comparar as medidas obtidas com a OCT, estes animais tiveram seus olhos delicadamente enucleados e estes foram armazenados em solução formalina a 10%. Em seguida foi realizado o corte e emblocamento dos mesmos para confecção de lâminas histológicas que posteriormente foram coradas com H/E

(hematoxilina/eosina). Estas lâminas deveriam ter a presença do pecten, para que ele atuasse como um referencial. As lâminas foram encaminhadas para o Laboratório de Estudos Morfológicos em Biologia da Reprodução do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), onde foram digitalizadas para analisar e medir a retina e suas camadas há 2 mm do pecten, com a utilização do microscópio automático de fluorescência BX61VS⁶ (figura 15) utilizando ferramentas de medida presentes no software VS-ASW®.

Figura 15 – Microscópio automático de fluorescência Olympus BX61VS

Fonte: (Laboratório de Estudos Morfológicos em Biologia da Reprodução – FMVZ - USP, 2017).

A distribuição dos dados encontrados pela OCT foi avaliada por meio do teste de D'Agostino & Pearson, e dos encontrados pela microscopia automática de fluorescência, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para as amostras muito pequenas.

As medidas obtidas pela OCT e pela microscopia automática de fluorescência foram comparadas por meio de teste t não-pareado, e foram calculados os coeficientes de correlação produto-momento entre estas.

As análises foram realizadas pelo software estatístico Prism 5 for Windows(GraphPadSoftware).

⁶ Research System Microscope Olympus BX61VS®, Olympus Corporation, Tokio, Japão.

5 RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 43 papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*). De cada ave submetida ao exame de OCT, foram obtidas várias imagens de ambos os olhos e entre todas, foi escolhida a com melhor definição na localização pré-definida, ou seja, região central da retina, a 2000µm do pecten, em direção à fóvea (figura 16). Em seguida, foram realizadas as mensurações da RT (figura 17), RN (figura 18) e CCG (figura 19). A espessura da RT variou entre 269µm e 348µm, com média de $305,10\mu\text{m} \pm 17,25\mu\text{m}$, da RN variou entre 240µm e 329µm, com média de $279,40\mu\text{m} \pm 17,48\mu\text{m}$ e da CCG variou entre 92µm e 182µm, com média de $138,60\mu\text{m} \pm 20,72\mu\text{m}$, representadas em gráficos na forma *boxplot* na figura 20, e as medianas encontradas foram, respectivamente, 304µm [293µm - 314µm], 276µm [266µm - 289µm], 132µm [123µm - 152µm]. As medidas individuais estão detalhadas na Tabela 1.

Figura 16 – Área em azul à direita referente à fóvea, que está sinalizada pela seta vermelha à esquerda. Seta em amarelo à esquerda apontando o ponto onde foram realizadas as medidas de RT, RN e CCG

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 17 – Medida de RT a 2000µm do pecten em direção à fóvea. Valor 317µm

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 18 – Medida de RN a 2000µm do pecten em direção à fóvea. Valor 294µm

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 19 – Medida de CCG a 2000µm do pecten em direção à fóvea. Valor 131µm

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 20 - Representação gráfica dos valores das medidas de Retina Total (RT), Retina Neurosensorial (RN) e Complexo de Células Ganglionares (CCG) de 43 papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*), obtidos pela OCT. Média $\pm$ DP

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Tabela 1 - Espessuras da retina total, da retina neurosensorial e do complexo de células ganglionares mensuradas pela OCT em micrômetros, e olho referente à imagem mensurada

Animal	Olho	RT	RN	CCG
01	OD	296	272	155
02	OE	299	270	149
03	OD	317	289	145
04	OD	342	306	173
05	OD	304	284	148
06	OE	313	289	144
07	OD	314	295	169
08	OD	304	285	152
09	OE	336	307	165
10	OE	293	262	121
11	OD	293	266	142
12	OD	310	278	124
13	OE	304	283	150
14	OD	269	240	92
15	OD	299	266	115
16	OE	312	285	155
17	OE	348	329	182
18	OE	302	276	141
19	OE	341	318	178
20	OD	273	257	114
21	OE	321	299	172
22	OE	298	266	118
23	OD	286	263	130
24	OD	306	290	176
25	OE	329	302	146
26	OD	276	259	144
27	OE	305	273	118

28	OD	299	268	116
29	OE	298	269	121
30	OD	293	267	142
31	OD	292	267	122
32	OE	304	276	125
33	OE	307	275	130
34	OD	317	297	131
35	OE	314	285	132
36	OD	295	271	127
37	OD	287	268	124
38	OD	293	266	125
39	OD	313	287	132
40	OD	297	266	123
41	OE	314	289	130
42	OE	289	263	108
43	OD	317	292	153

Fonte: (PECORA, R. A., 2016).

As lâminas das retinas dos olhos enucleados dos seis papagaios-verdadeiros eutanasiados foram digitalizadas e submetidas à avaliação de suas espessuras, nos mesmos grupos de camadas mensurados pelo exame de OCT e a 2000µm do pecten (figura 21), sendo escolhida apenas uma lâmina de cada indivíduo para a realização da mensuração por microscopia automática de fluorescência. Os valores encontrados da RT ficaram entre 186,30µm e 331,82µm, com média de 260,30µm $\pm$ 69,88µm, da RN ficaram entre 168,71µm e 302,10µm, com média de 238,20µm $\pm$ 60,53µm e da CCG ficaram entre 101,08µm e 165,77µm, com média de 129,30µm $\pm$ 25,59µm, como demonstrados na Tabela 2 e representados em forma de gráfico *boxplot* na figura 22. As medianas encontradas foram, respectivamente, 263,10µm [189,20µm – 328,50µm], 242,80µm [179,00µm – 293,40µm], 118,90µm [111,70µm – 158,70µm].

Figura 21 – Imagem de lâmina histológica da retina do papagaio-verdadeiro apresentando pecten e linha vermelha distanciando aproximadamente 2000 μ m deste, onde foram realizadas as medidas de RT, RN e CCG

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 22 - Representação gráfica dos valores das medidas de retina total (RT), retina neurosensorial (RN) e complexo de células ganglionares (CCG) de 6 papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*), obtidos por microscopia automática de fluorescência. Média $\pm$ DP

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Tabela 2 - Espessuras da retina total, da retina neurosensorial e do complexo de células ganglionares mensuradas por histometria, em micrômetros, e olho referente à imagem mensurada

Animal	Olho	RT	RN	CCG
09	OE	309,95	284,71	165,77
10	OE	190,11	182,42	119,88
14	OD	186,30	168,71	101,08
20	OD	216,32	200,79	115,23
27	OE	331,82	302,10	117,82
43	OD	327,40	290,50	156,29

Fonte: (PECORA, R. A., 2016).

Nas figuras 23 a 34, podem ser comparadas as imagens mensuradas da OCT às respectivas imagens mensuradas das lâminas histológicas das retinas dos papagaios-verdadeiros 09, 10, 14, 20, 27 e 43.

Figura 23 – Imagem de OCT da retina do papagaio-verdadeiro 09 apresentando as mensurações e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000 μ m do pcten em direo fvea, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente

Fonte: (LIOC – FMVZ/USP, 2014).

Figura 24 – Imagem de lâmina histolgica da retina do papagaio-verdadeiro 09 apresentando as mensuraes e valores de RT, RN e CCG a aproximadamente 2000 μ m do pcten, nas cores azul, vermelha e amarela, respectivamente

Fonte: (PECORA, R. A., 2016).

O coeficiente de correlação entre todas as medidas obtidas pela OCT e pela microscopia óptica foi alto ($r=0,8698$, $P<0,0001$), conforme a figura 35. Analisando separadamente as medidas de RT (Figura 36), RN (Figura 37) e CCG (Figura 38), as medidas deste último apresentaram melhor correlação.

Figura 35 – Correlação entre os valores de todas as medidas obtidos pela OCT e microscopia óptica

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 36 – Correlação entre os valores das medidas da retina total obtidas pela OCT e pela microscopia óptica

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 37 – Correlação entre os valores das medidas da retina neurosensorial obtidas pela OCT e pela microscopia óptica

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

Figura 38. Correlação entre os valores das medidas do complexo de células ganglionares obtidas pela OCT e microscopia óptica

Fonte: (PECORA, R. A., 2017).

6 DISCUSSÃO

Este experimento foi concebido como um estudo normativo, orientando sobre a morfologia da retina de papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*) e estabelecendo valores de referência da espessura da retina e de suas camadas com a utilização da tomografia de coerência óptica.

A espécie *Amazona aestiva* foi investigada por causa da grande quantidade que é recolhida pelos CETAS – Centro de Triagem de Animais Silvestres (ANDRADE; AZEVEDO, 2011) e do crescente número de atendimentos a essas aves, principalmente as de estimação ou companhia (BAYÓN; ALMELA; TALAVERA, 2007). O exame oftálmico em aves exige conhecer as particularidades anatômicas e fisiológicas do sistema visual destes animais e para realizar o diagnóstico, monitoramento e tratamento das afecções oculares é importante o desenvolvimento de técnicas e métodos de padronização da normalidade (IONASCU; ENACHE, 2011).

Para realização do exame de OCT, é fundamental a obtenção de midríase, mas como as pupilas das aves são controladas, predominantemente, por músculos estriados, torna-se mais difícil a promoção da dilatação pupilar que nos mamíferos, sendo indicada a utilização de bloqueadores neuromusculares (SAFATLE et al., 2003; BARSOTTI et al., 2012; DONGO, 2016). Os midriáticos utilizados nos seres humanos e outros mamíferos não surtem o efeito esperado, como relatado em Rauscher e colaboradores (2013). A escolha pelo brometo de rocurônio (5mg/ml) se deu por sua ação já conhecida e pela sua menor toxicidade (AMBRÓSIO; KAHVEGIAN, 2010) e estudos mais atualizados que demonstraram a eficácia e segurança do uso deste, mesmo sem diluição (BARSOTTI et al., 2012; DONGO, 2016; PETRITZ et al., 2016).

Semelhante a Barsotti e colaboradores (2012), padronizou-se o uso do brometo de rocurônio diluído em soro fisiológico em partes iguais, instilando seis vezes, uma gota da diluição em cada olho, nos tempos 0, 2, 15, 17, 30 e 32 minutos, resultando em midríase adequada para a realização do exame.

Em geral, as aves são pacientes com baixa tolerância à manipulação e em nosso experimento, foi priorizado evitar estresse dos papagaios durante o processo do exame. Assim, foram consideradas a sedação e a anestesia para minimizar este potencial estresse durante a OCT. Rauscher e colaboradores (2013) realizaram o exame de OCT em aves de rapina sob anestesia geral, e, em contraponto, Ruggeri e colegas (2010) fizeram com os pacientes totalmente acordados e em alerta. Em nosso estudo, foi realizada a aplicação intramuscular de maleato de midazolam, por ser considerado um bom sedativo em várias espécies de aves (MANS et al., 2012; BARSOTTI et al., 2012), seguida pela aplicação intravenosa de propofol que proporciona um curto período de latência e tem curta duração, apesar da desvantagem devido à dificuldade do acesso venoso (ROCHA; ESCOBAR, 2015). Barsotti e colaboradores (2012) recomendaram, como protocolo anestésico, a inalação de Isoflurano, mas foi preterido por necessitar de profissionais treinados para essa atividade e a presença da sonda endotraqueal prejudica a manipulação e a aproximação do aparelho de OCT. O tempo de duração se mostrou suficiente para realização do exame de OCT, obtendo grande quantidade de imagens de boa qualidade.

Em comparação com a ultrassonografia, a OCT tem como vantagens, a possibilidade de ser realizada sem contato com a superfície da córnea, método ultrassonográfico de escolha na oftalmologia aviária, em que se utiliza um transdutor colocado sobre a superfície da córnea da ave (GONZALEZ et al., 2001) e de não ser necessária a instilação de anestésico tópico, geralmente aplicado antes da realização da ultrassonografia (SQUARZONI, 2011).

Uma vantagem da ultrassonografia e da OCT, relatada por Penninck e colegas (2001), é não ter a necessidade de imobilização química do paciente, o que estes demonstraram necessária na tomografia computadorizada e na ressonância magnética, porém, as aves examinadas neste experimento, foram anestesiadas, levando a redução de estresse, proporcionando agilidade na realização do exame e melhor qualidade das imagens.

A OCT permite a formação de imagens das camadas da retina com resolução óptica não obtida *in vivo* com outros métodos de avaliação do fundo

de olho e também é capaz de distinguir pequenos detalhes anatômicos dos tecidos examinados, aproximando-se da qualidade histológica (DUONG et al., 2002; GUMPEMBERGER; KOLM, 2006).

Um impedimento que ocorre na realização da OCT é a impossibilidade da passagem do feixe de luz nos casos da presença de opacidades de meios (RAUSCHER et al., 2013), e, também, por ser um experimento para padronização em pacientes hípidos, a ave que apresentasse cataratas, lesões corneanas ou qualquer outro bloqueio foi descartada da pesquisa. Nestes casos, a ultrassonografia, a tomografia computadorizada e a ressonância magnética ofereceriam mais informações sobre o segmento posterior (BOTTÓS et al., 2012).

Na interpretação das imagens obtidas, sabe-se que a composição celular de cada camada da retina, determina o tipo de retroespalhamento do feixe de luz, portanto, a sua visibilização. Ruggeri e colaboradores (2007) relataram que os fatores que determinam exatamente o retroespalhamento ainda são desconhecidos e que em geral, as camadas plexiformes são descritas demonstrando um retroespalhamento maior do que as camadas nucleares.

Saraiva et al (2010), consideraram que nas imagens obtidas pela OCT, as estruturas da retina eram melhor identificadas na escala colorida artificialmente, porém, neste estudo, foi considerada mais fácil evidenciá-las pela escala de tons de cinza.

Várias doenças retinianas resultam em alterações na espessura das diferentes camadas da retina. Por exemplo, atrofia progressiva de retina (PRA) causa um afinamento da camada nuclear externa (CNE) e da camada dos segmentos externo e interno dos fotorreceptores (SE/SI) dos cães enquanto que o glaucoma leva à diminuição da camada de fibras nervosas (CFN) tanto nos humanos como nos animais (RUGGERI et al., 2010). Estas alterações conduziram à avaliação da espessura total da retina, da retina neurosensorial e do complexo de células ganglionares de um olho saudável de ave, fornecendo a aparência normal das diferentes camadas, auxiliando no julgamento da condição da retina.

A região escolhida para mensuração foi definida, pois há uma grande variação da espessura da retina e de suas camadas nas diferentes regiões do fundo de olho. A RT se apresentou mais espessa na região central e se afinava nas regiões periféricas. Curiosamente, a variação da espessura da retina total pode ser principalmente atribuída às alterações da espessura das CFN e CCG, como relatado por Gallego (2015).

Conhecer a localização exata do corte de OCT é necessário para identificar as mudanças e acompanhar as alterações na retina ao longo do tempo. Nos olhos dos mamíferos utilizamos as estruturas vasculares da retina. O padrão dos vasos sanguíneos pode ser usado para identificar a localização da alteração e recuperá-la na realização de novos exames para visibilizar a evolução da mesma. No entanto, a retina das aves é avascular como confirmado por Ruggeri e colaboradores (2010) e no presente estudo, sendo imprescindível determinar outras estruturas como pontos de referência. A região escolhida foi a que está há 2 mm do pecten em direção à fóvea, pois estes são facilmente detectados. Nas outras áreas, as diferenças na espessura da CFN podem auxiliar na localização e definição dos pontos de interesse na retina, o que não ocorre com as outras camadas que mantêm suas espessuras constantes, tornando-as impróprias como referências (Ruggeri et al, 2010; Gallego, 2015).

Neste estudo, os valores da espessura total da retina, obtidos com o auxílio da OCT, ficaram entre 269 μ m e 348 μ m, com média de 305,10 μ m $\pm$ 17,25 μ m, e com microscopia automática de fluorescência ficaram entre 186,30 μ m e 331,82 μ m, com média de 260,30 μ m $\pm$ 69,88 μ m. Estes estão superiores aos encontrados por Samuelson (2013), que menciona que a espessura das retinas anangióticas ou parangióticas não excede 140 μ m.

Entretanto, as medidas da nossa pesquisa se aproximam das apresentadas por Gallego (2015), que, com o exame da OCT, mensurou as retinas de algumas famílias de aves (Accipitriformes, Falconiformes e Strigiformes), obtendo valores que ficaram entre 237 μ m (*Aegolius funereus*) e 409 μ m (*Falco tinnunculus*), com média de 321 μ m $\pm$ 51 μ m.

Como a histologia é considerada o exame padrão-ouro para a identificação das camadas e diagnóstico de doenças retinianas, os resultados obtidos com a OCT foram comparados às lâminas histológicas da retina de 06 papagaios-verdadeiros avaliados neste estudo, a fim de estabelecer o exame de OCT um método diagnóstico adequado em oftalmologia aviária.

Percebeu-se que o uso de vasos sanguíneos retinianos como pontos de referência só são úteis em retinas de mamíferos devido à vascularização e em retinas com alterações, mas não podem ser considerados em retinas avasculares e saudáveis das aves. Esta foi uma das dificuldades encontradas em confeccionar a lâmina no local exato do corte da OCT neste estudo, sendo assim, definimos avaliar as lâminas que incluíam o pecten, realizando as mensurações a 2000µm deste, por ser um ótimo ponto de referência, mas não devemos esquecer, de excluir a localização imprecisa onde realizamos a incisão do bulbo ocular para a confecção lâmina histológica.

As primeiras comparações entre OCT e histologia foram realizadas por Huang e colaboradores (1991) e (1998) em oftalmologia humana e aviária, respectivamente. Em 1998, Huang et al compararam os resultados de OCT de olhos de frango com retinas normais e degeneradas, e validaram estes, usando criosecções e embutindo tecido retiniano em resina para microscopia eletrônica, e não fixando em solução formalina, para evitar o encolhimento, assim como notado em nosso estudo. Em ambos os estudos obteve-se uma alta correlação entre as medidas adquiridas pela OCT e pela histologia.

Em nosso estudo, também obtivemos uma alta correlação entre a OCT e a histologia nas medidas avaliadas.

Com relação às comparações entre as imagens de OCT e histologia da retina, há uma concordância geral na literatura científica de que as camadas de fibras nervosas e plexiformes são altamente refletivas e as camadas nucleares menos refletivas (ABBOTT et al., 2009).

É importante observar que o processamento de tecidos usando fixação ou desidratação para fins histológicos está sempre associado com retração de tecidos e propenso aos muitos artefatos, afetando a qualidade dos cortes

histológicos (ABBOTT et al., 2009), especialmente em bulbos oculares de pássaros que possuem ossículos na esclera, que facilita a dobra dos tecidos intraoculares durante o processamento das lâminas histológicas. De acordo com Gallego (2015), o desprendimento de retina é um artefato típico observado em olhos aviários após a fixação de formalina, e claramente influenciado pelo encolhimento.

As retinas que, em nossa pesquisa, sofreram processamento histológico bem sucedido, tiveram todas as suas camadas reconhecidas e mensuradas.

Ao melhorar a compreensão da patogênese das doenças da retina e acompanhar o início, progressão e terapia das mesmas, por poder ser repetidamente realizado nos mesmos indivíduos durante estudos longitudinais, a OCT proporcionará reduzir o número de animais eutanasiados ou com os olhos enucleados, em comparação com o número necessário, nas pesquisas histológicas, para obter resultados estatisticamente válidos.

7 CONCLUSÃO

Este estudo concluiu que, assim como na oftalmologia humana, a OCT é uma moderna ferramenta de diagnóstico que se mostrou muito útil na oftalmologia veterinária de papagaios verdadeiros. Os resultados encontrados mostram que a OCT é um excelente instrumento para a avaliação *in vivo* das estruturas das retinas desta espécie, fornecendo imagens detalhadas e precisas do segmento posterior, em uma qualidade próxima à histologia.

Validando esta técnica com histologia, este estudo servirá de base para o estabelecimento de valores de referência para as espessuras da retina e de suas camadas e a aparência fisiológica da retina em olhos saudáveis de papagaios-verdadeiros, facilitando a identificação de alterações do segmento posterior do olho e identificá-las como prejudiciais ou não à retina e as consequências para a capacidade visual destas aves.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, C. J.; MCBRIEN, N. A.; GRÜNERT, U.; PIANA, M. J. Relationship of the optical coherence tomography signal to underlying retinal histology in the tree shrew (*Tupaia belangeri*). *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. v. 50, n. 1, p. 414–423, 2009.

ALLERMANN, N.; FERRAZ, C. A.; CHALITA, M. R.; BAÏKOFF G.; FARAH, M. E. Córnea e segmento anterior. In: Farah, M. E. *Tomografia de Coerência Óptica: OCT*. 2 ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan; 2010. p. 387-391.

AMBRÓSIO, A. M.; KAHVEGIAN, M. A. P. Bloqueadores neuromusculares. In: FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. *Anestesia em cães e gatos*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2010. p. 259-274.

ANDRADE, A. A.; AZEVEDO, C. S. Efeitos do enriquecimento ambiental na diminuição de comportamentos anormais exibidos por papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*, Psittacidae) cativos. *Revista Brasileira de Ornitologia*. v. 19, n. 1, p. 56-62, 2011.

AZMANIS, P. N.; RAUSCHER, F. G.; WERNER B.; HUEBEL, J.; KOCH, C.; VETTERLEIN W.; KÖRBER, N.; THIELEBEIN, J.; REICHENBACH, A.; WIEDEMANN, P.; FRANCKE, M.; KRAUTWALD-JUNGHANNS, M. E. The additional diagnostic value of optical coherence tomography (OCT) and its application procedure in a wide variety of avian species. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, v. 6, n. 3, p. 1-10, junho, 2015.

BARSOTTI, G.; BRIGANTI, A.; SPRATTE, J. R.; CECCHERELLI, R.; BREGHI, G. Safety and Efficacy of bilateral topical application of rocuronium bromide for mydriasis in European kestrels (*Falco tinnunculus*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2012.

BAYÓN, A.; ALMELA, R. M.; TALAVERA, J. Avian ophthalmology. *European Journal of Companion Animal Practitioners*, v. 17, n. 3, p. 253-266, 2007.

BEMIS, A. M.; PIRIE, C. G.; LoPINTO A. J.; MARANDA, L. Reproducibility and repeatability of optical coherence tomography imaging of the optic nerve head in normal beagle eyes. *Veterinary Ophthalmology*, doi:10.1111/vop.12451, 2017.

BOTTÓS, J. M.; TORRES, V. L. L.; KANECADAN, L. A. A.; MARTINEZ, A. A. G.; MORAES, N. S. B.; MAIA, M.; ALLEMAN, N. Buraco macular: ultrassonografia de 10 e 20 MHz e tomografia óptica de domínio espectral. *Arquivo Brasileiro de Oftalmologia*, v. 75, n.6, p. 415-419, 2012.

BRON, A. J.; TRIPATHI, R. C.; TRIPATHI, B. J. The retina. In: Wolff's *Anatomy of the Eye and Orbit*. London: Chapman & Hall Medica, 1997. p. 454-488.

DANTAS, A. M. Eletroretinografia. In: DANTAS, A. M.; COSTA, J. G. C.; NETO, L. P.; YAMANE, R.; ELIAS, C. A. Eletrofisiologia ocular. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Cultura Médica, 1995. p. 141-225.

DAYAN, M. O.; OZAYDIN, T. A comparative morphometrical study of the pecten oculi in different avian species. The Scientific World Journal, v. 2013, ID 968652, p. 1-5, maio, 2013.

DIETRICH, M, U. Ophthalmic examination and diagnostics Part 3: Diagnostic ultrasonography. In: GELATT, K. N.; GILGER, B. C.; KERN, T. J. Veterinary ophthalmology. 5. ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2013. p. 507-519.

DONALDSON, D.; HARTLEY C. Ophthalmic examination and diagnostics Part 2: Ocular imaging. In: GELATT, K. N. Veterinary ophthalmology. 5. ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2013. p. 614-668.

DONGO, P. S. J. Avaliação da eficácia e segurança de protocolos para obtenção de midríase com uso tópico de brometo de rocurônio em papagaios do gênero *Amazona* (*Amazona aestiva* e *Amazona amazonica*). 2016. 82p. Dissertação (Mestrado em medicina veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 13 de maio de 2016.

DUKER, J. S.; WAHEED, N. K.; GOLDMAN, D. R. Interpretação da OCT. In: Duker, J. S.; Waheed, N. K.; Goldman, D. R. Manual de OCT em retina. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier; 2015, p. 8-9.

DUONG, T. Q.; NGAN, S. H.; UGURBIL, K.; KIM, S. G. Functional Magnetic Resonance Imaging of the Retina. Investigative Ophthalmology & Visual Science, v. 43, n. 4, p. 1176 –1181, 2002.

DUONG, T. Q. Magnetic resonance imaging of the retina: a brief historical and future perspective. Saudi Journal of Ophthalmology, v. 25, n. 2, p. 137-143, abril, 2011.

EFE, M. A.; MARTINS-FERREIRA, C.; OLMOS, F.; MOHR, L. V.; SILVEIRA, L. F. Diretrizes da sociedade brasileira de ornitologia para destinação de aves silvestres provenientes do tráfico e cativeiro. Revista Brasileira de Ornitologia. v. 14, p. 67-72, março, 2006.

EKESTEN, B. Ophthalmic examination and diagnostics Part 4: Electrodiagnostic evaluation of vision. In: GELATT, K. N.; GILGER, B. C.; KERN, T. J. Veterinary ophthalmology. 5. ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2013. p. 684-702.

EVANS, H. D.; MARTIN, G. R. Organa Sensuum (Organa sensoria). In: BAUMEL, J. J.; KING, A. S.; BREAZILE, J. R.; EVANS, H. E.; VANDEN BERGE, J. C. Handbook of Avian Anatomy: Nomina Anatomica Avium. 2. Ed. Massachusetts: Nuttall Ornithological Club 1993. p. 585-611.

- FISHER, M. D.; HUBER, G.; BECK, S. C.; TANIMOTO, N.; MUEHFRIEDEL, R.; FAHL, E.; GRIMM, C.; WENZEL, A.; REME, C. E.; VAN DE PAVERT, S.; WIJNHOLDS, J.; PACAL, M.; BREMMER, R.; SEELIGER, M. W. Noninvasive, *in vivo* assessment of mouse retinal structure using optical coherence tomography. Public Library of Science, v. 4, n. 10, p. 1-7, 2009.
- FISHER, Y.; BARDAL, A. M. C.; FARAH, E. M. Artefato e limitações. In: Farah, M. E. Tomografia de Coerência Óptica: OCT. 2 ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan; 2010. p.393-397.
- GABRIELLE, M. L.; WOLLSTEIN, G.; ISHIKAWA, H.; KAGEMANN, L.; XU, J.; FOLIO, L. S.; SCHUMAN, J. S. Optical coherence tomography: history, current status, and laboratory work. Investigative Ophthalmology and Visual Science, v. 52, p. 2425-2436, 2011.
- GALLEGO, M. L. V. Imaging of physiological retinal structures in various raptor species using optical coherence tomography (OCT). 2015. 170p. Dissertação (Doutorado em medicina veterinária) – Faculdade de Ludwig – Maximilians, Universidade de Munique, Munique, 31 de janeiro de 2015.
- GEKELER, F.; GMEINER, H.; VOLKER, M.; SACHS, H.; MESSIAS, A.; EULE, C.; BARTZ-SCHMIDT, K. U.; ZRENNER, E.; SHINODA, K. Assessment of the posterior segment of the cat eye by optical coherence tomography (OCT). Veterinary Ophthalmology, v. 10, n. 3, p. 173-8, 2007.
- GONZALEZ, E. M.; RODRIGUEZ, A.; GARCIA, I. Review of ocular ultrasonography. Veterinary Radiology & Ultrasound, v. 42, p. 485-495, 2001.
- GRAHAM, J.; WRIGHT, T. F.; DOOLING, R. J.; KORBEL, R. Sensory capacities of parrots. In: LUESCHER, A. U. Manual of parrots behavior. Ames: Blackwell Publishing, 2006. p. 33-41.
- GUMPENBERGER, M.; KOLM, G. Ultrasonographic and computed tomographic examinations of the avian eye: physiologic appearance, pathologic findings, and comparative biometric measurement. Veterinary Radiology & Ultrasound, v. 47, n. 5, p. 492-502. 2006.
- GUEDES, V.; YAMANE, R. Tomografia de coerência óptica. In: YAMANE, R. *Semiologia ocular*. 2. ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2003. p. 225-236.
- GURTUKUN, O. Sensory physiology: vision. In: Sturkie's Avian Physiology. 5 ed. San Diego: Academic Press, 2000. p. 01-19.
- HENDRIX, D. V. H.; SIMS, M. H. Electroretinography in Hispaniolan Amazon Parrot (*Amazona ventralis*). Journal of Avian Medicine Surgery, v. 18, n. 2, p. 89-94, 2004.
- HERNANDEZ-MERINO, E.; KECOVA, H.; JACOBSON, S. J.; HAMOUCHE, K. N.; NZOKWE, R. N.; GROZDANIC, S. D. Spectral domain optical coherence tomography (SDOCT) assessment of healthy female canine retina and optic nerve. Veterinary Ophthalmology, v. 14, n. 6, p. 400-405, 2011.

HUANG, D., SWANSON, E. A., LIN, C. P., SCHUMAN, J. S., STINSON, W. G., CHANG, W., HEE, M. R., FLOTTE, T., GREGORY, K., PULIAFITO, C. A. Optical coherence tomography. *Science*, v. 22, n. 254 (5035), P. 1178-1181, 1991.

HUANG, Y.; CIDECIYAN, A. V.; PAPASTERGIOU, G. I.; BANIN, E.; SEMPLEROLAND, S. L.; MILAM, A. H.; JACOBSON, S. G. Relation of optical coherence tomography to microanatomy in normal and rd chickens. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, v. 39, n. 12, p. 2405-2416, dezembro, 1998.

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.

IONASCU, J.; ENACHE, A. Ophthalmic examination features in exotic companion birds. *Scientific works - C series*. v. 57, n. 2, p. 192-198, 2011.

JAFFE, G. J.; CAPRIOLI, J. Optical coherence tomography to detect and manage retinal disease and glaucoma. *American Journal Ophthalmology*, v. 137, n. 1, p. 156-169, 2004.

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. 19, n. 2, p. 69-87, 2207.

KIAMA, S. G.; MAINA, J. N.; BHATTACHARJEE, J.; WEYRAUCH, K. D. Functional morphology of the pecten oculi in the nocturnal spotted eagle owl (*Bubo bubo africanus*), and the diurnal black kite (*Milvus migrans*) and the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*): a comparative study. *Journal of Zoology*, v. 254, p. 521-528, 2001.

KLOIZMAN, T. P.; PAKTER, H. M.; SCHUMAN, J. S.; SZWARTZ, J. C.; HEE, M. R. Ophthalmic diagnosis using optical coherence tomography. *Ophthalmology Clinics of North America*, v. 11, n. 3, p. 465-486, 1998.

KOMAROMY, A. M.; Smith, P. J.; BROOKS, D. E. Electroretinography in dogs and cats. Part I. Retinal morphology and physiology. *The Compendium on Continuing Education*, v. 20, n. 3, p. 343-354, 1998.

KOMAROMY, A. M.; ANDREW, S. E.; SAPP-JR, H. L.; BROOKS, D. E.; DAWSON, W. W. Flash electroretinography in standing horses using the DTL microfiber electrode. *Veterinary Ophthalmology*, v.6, p. 27-33, 2003.

KORBEL, R.; GALLEGU, M. L. V.; SCHULZE, C.; RINDER, M. Avian bornavirus infections in parrots: characterization of ophthalmological lesions using optical coherence tomography (OCT). In: 1th International Conference on Avian, Herpetological and Exotic Mammal Medicine. 2013, Wiesbaden, April 20-26, p. 357-358.

LAN, W.; FELDKAEMPER, M.; SCHAEFFEL, F. Bright light induces choroidal thickening in chickens. *Optom Visual Science*. v. 90, p. 1199-1206, 2013

MALERBI, F. K.; ANDRADE, R. E. A.; FARAH, M. E. OCT no Diagnostico por Imagem. In: Farah, M. E. *Tomografia de Coerência Óptica: OCT*. 2 ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan; 2010.

MANS, C.; GUZMAN, D. S-M.; LAHNER, L. L.; PAUL-MURPHY, J.; SLADKY, K. K. Sedation and Physiologic Response to Manual Restraint After Intranasal Administration of Midazolam in Hispaniolan Amazon Parrots (*Amazona ventralis*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*. v. 26, n. 3, p. 130-139, 2012.

MATTOON, J. S.; NYLAND, T. G. Eye. In: NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S. *Small animal diagnostic ultrasound*. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2002. p. 305-24.

McKIBBIN, M.; ALI, M.; INGLEHEARN, C.; SHIRES, M.; BOYLE, K.; HOGKING, P. M. Spectral domain optical coherence tomography imaging of the posterior segment of the eye in the retinal dysplasia and degeneration chicken, an animal model oh inherited retinal degeneration. *Veterinary Ophthalmology*. v. 17, p. 113-119, 2014.

McLELLAN, G. J.; RASMUSSEN, C. A; Optical coherence tomography for the evaluation of retinal and optic nerve morphology in animal subjects: practical considerations. *Veterinary Ophthalmology*, v. 15, suppl. 2, p. 13-28, 2012.

MOYAED, A. A.; HARIRI, S.; SONG, E. S.; CHOH, V.; BIZHEVA, K.; In vivo volumetric imaging of chicken retina with ultra-high resolution spectral domain optical coherence tomography. *Biomedical Optics Express*. v. 2, p. 1268-1274, 2011.

NARFSTRÖM, K. Electroretinographic testing in larger animals. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. *Principles and practice of clinical electrophysiology of vision*. Cambridge: The Mit Press, 2006. p. 923-933.

NARFSTRÖM, K.; PETERSEN-JONES, S. Disease of the canine ocular fundus. In: GELATT, K. N.; GILGER, B. C.; KERN, T. J. *Veterinary ophthalmology*. 5. ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2013. p. 1303-1392.

NAVARRO, N. C. Los receptores, esas fascinantes células. In: *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*. Noviembre 2009.

PANZAN, C. Q.; GUVEN, D.; WEILAND, J. D.; LAKHANPAL, R. R.; JAVAHERI, M. J.; DE JUAN, E.; HUMAYUN, M. S. Retinal thickness in normal and RCD1 dogs using optical coherence tomography. *Ophthalmic Surgery, Lasers & Imaging*, v. 35, n. 6, p. 485-493, 2004.

PENNINCK, D.; DANIEL, G. B.; BRAWER, R.; TIDWELL, A. S. Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, v. 16, n.1, p. 22-39, 2001.

- PECORA, R. A.; BRAGA-SÁ, M. B. P.; GUIMARÃES, M. B.; WATANABE, S. S.; RONCATTI, F. T. L. B.; BOLZAN, A. A.; SAFATLE, A. M. V. Retinal measurement of 27 parrots (*Amazona aestiva*) using optical coherence tomography – preliminary results. In: European College of Veterinary Ophthalmologists Conference. 2014, Londres. Anais. 174p.
- PETERSEN-JONES, S.; TUNTIVANICH, N.; MONTIANI-FERREIRA, F.; KHAN, N. Electroretinograms of dog and chicken. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. A. Principles and Practice of Clinical Electrophysiology of Vision. 2. ed. The MIT Press, 2006. p. 911-921.
- PETRITZ, O. A.; GUZMAN, D. S.-M.; GUSTAVSEN, K. A.; WIGGANS, T.; KASS, P. H.; MURPHY, C. J.; PAUL-MURPHY, J. Evaluation of the mydriatic effects of topical administration of rocuronium bromide in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*). Journal of the American Veterinary Medical Association, v. 248, n. 1, p. 67-71, 2016.
- PUGLIESE, A.; TROMBETTA, C. J.; BONANNO, G.; FRENO, M. C.; NASSO, S.; DI PIETRO, S. OCT in the dog and cat: morpho-structural patterns and clinical features of the fundus. Veterinary Research Communications, v. 30, suppl. 2, p. 313-315. 2006.
- RAUSCHER, F. G.; AZMANIS, P. N.; KÖRBER, N.; KOCH, C.; HUEBEL, J.; VETTERLEIN W.; WERNER B.; THIELEBEIN, J.; DAWCZYNSKI, J.; WIEDEMANN, P.; REICHENBACH, A.; FRANCKE, M.; KRAUTWALD-JUNGHANNS, M. E. Optical coherence tomography as a diagnostic tool for retinal pathologies in avian ophthalmology. Investigative Ophthalmology & Visual Science, v. 54, n. 13, p. 8259-8269, setembro, 2013.
- ROCHA, R. W.; ESCOBAR, A. Anestesia em aves. Investigação medicina veterinária, v. 14, n. 2, p. 1-9, 2015.
- ROSOLEN, S. G.; RIVIÈRE, M. K.; LAVILLEGRAND, S.; GAUTIER, B.; PICAUD, S.; LEGARGASSON, J. F. Use of a combined slit-lamp SD-OCT to obtain anterior and posterior segment images in selected animal species. Veterinary Ophthalmology, v. 15, p. 105-115, setembro, 2012.
- RUGGERI, M.; WEHBE, H.; JIAO, S.; GREGORI, G.; JOCKOVICH, M. E.; HACKAM, A.; DUAN, Y.; PULIAFITO, C. A. In vivo three-dimensional high-resolution imaging of rodent retina with spectral-domain optical coherence tomography. Investigative Ophthalmology and Visual Science Journal, v. 48, n. 4, p. 180-1814, 2007.
- RUGGERI, M.; WEHBE, H.; JIAO, S.; WANG, J.; JOCKOVICH, M. E.; ROSENFELD, P. J.; JR, J. M. C.; MCKEOWN, C.; PULIAFITO, C. A. Ultra high-resolution optical coherence tomography for non-contact ocular imaging of small animals. Biomedical Optics, p. 16-19, 2008.

RUGGERI, M.; JR, J. C. M.; MCKEOWN, C.; KNIGHTON, R. W.; PULIAFITO, C. A.; JIAO, S. Retinal structure of birds of prey revealed by ultra-high resolution spectral-domain optical coherence tomography. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, v. 51, n. 11, p. 5789-5795, novembro, 2010.

SAFATLE, A. M. V.; QUINZE, R. S.; JORGE, R. C.; GODOY, C. A. L.; GUEDES, P. M.; GUIMARÃES, M. B.; BARROS, P. S. M. Cirurgia de catarata em papagaio. *Revista Universidade Rural – Série Ciências da Vida*, v. 23, n. 1, p. 39-40, 2003. Suplemento.

SAFATLE, A. M. V.; SALOMÃO, S.; BEREZOVSKY, A.; SACAI, P.; FANTONI, D.; YASBEK, K.; BARROS, P. S. M. Retinal degeneration in a Pit Bull dog: electroretinographic findings. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 2, p. 119-124, 2005.

SAFATLE, A. M. V.; BRAGA-SÁ, M. B. P.; BARROS, P. S. M. Aspectos da tomografia de coerência óptica em cães com retinopatia. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 153-159, fevereiro, 2015.

SAMUELSON, D. A. Ophthalmic Anatomy. In: GELATT, K. N.; GILGER, B. C.; KERN, T. J. *Veterinary ophthalmology*. 5. ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2013. p. 39-158.

SARAIVA, V. D. S.; AGGIO, F. B.; JR, M. N. B.; FARAH, M. E. Correlação Anatômica. In: Farah, M. E. *Tomografia de Coerência Óptica: OCT*. 2 ed. Rio de Janeiro: Cultura Medica: Guanabara Koogan: 2010. p. 45-8.

SOMMA, A. T.; MORENO, J. C. D.; SATO, M. T.; RODRIGUES, B. D.; BACELLAR-GALDINO, M.; OCCELLI, L. M.; PETERSEN-JONES, S. M.; MONTIANI-FERREIRA, F. Characterization of a Novel Form of Progressive Retinal Atrophy in Whippet Dogs: A Clinical, Electroretinographic, and Breeding Study. *Veterinary Ophthalmology*, doi:10.1111/vop.12448, 2016.

SQUARZONI, R. Biometria ocular e sua relação com sexo, idade, tamanho e peso em cães da raça Cavalier King Charles Spaniel. 2011. 95p. Dissertação (Doutorado em medicina veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 09 de fevereiro de 2011.

STROUTHIDIS, N. G.; GRIMM, J.; WILLIAMS, G. A.; CULL, G. A.; WILSON, D. J.; BURGOYNE, C. F. A comparison of optic nerve head morphology viewed by spectral domain optical coherence tomography and by serial histology. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, v. 51, n. 3, p. 1464-1474, 2010.

THOMAS, D.; DUGUID, G. Optical coherence tomography - A review of the principles and contemporary uses in retinal investigation. *Eye*, v. 18, p. 561-570, 2004.

UNO, F.; NARDELLI, R. M.; FARAH, M. E. Tomografia de coerência óptica. In: ABUJAMRA, S.; ÁVILA, M.; BARSANTE, C.; FARAH, M. E.; GONÇALVES, J. O. R.; LAVINSKY, J.; MOREIRA JR, C. A.; NEHEMY, M. B.; SUZUKI, H.; Retina e Vítreo – Clínica e Cirurgia. São Paulo: Roca, 2000, p. 126-137.

WILLIAMS, D. L. Ophthalmology. In: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON, L. R. Avian medicine: Principles and application. Lake Worth: Wingers Publishing, 1994. p. 673-694.

WILLIAMS, D. L. The avian eye. In: Ophthalmology of exotic pets. 1. Ed. Iowa: Wiley-Blackwell, 2012. p. 119-158.