

A GLÂNDULA PINEAL E SUA IMPORTANCIA NA REPRODUÇÃO E CICLOS CIRCADIANO E MIGRATÓRIO DAS AVES MARINHAS- REVISÃO DE LITERATURA

LEMOS, Giulia Gaglianone¹

LIMA, Fabio Henrique de¹

MASSENO, Ana Paula Batista²

ROSA, Suzana Más²

RAINERI-NETO, Roque²

FILADELPHO, André Luis³

RESUMO

Nas aves, os marca-passos circadianos estão localizados no hipotálamo, na glândula pineal e/ou nos olhos. Esta glândula exerce função de modulação endócrina e regulação de sistemas não endócrinos, quando estes sofrem a ação de alterações ambientais e/ou do próprio organismo. Ela é encarregada de monitorar as estações do ano e sincronizar com elas algumas funções que variam anualmente, como o comportamento reprodutor e migratório das aves. Desta forma, torna-se importante o estudo sobre a sua morfologia e como este conhecimento pode auxiliar na sobrevivência das aves marinhas.

Palavras-chave: glândula pineal, ciclo circadiano, reprodução, aves marinhas.

ABSTRACT

In birds, circadian pacemakers are located in the hypothalamus, pineal gland and / or eyes. This gland exerts a function of endocrine modulation and regulation of non-endocrine systems, when they undergo environmental changes and / or the body itself. She is in charge of monitoring the seasons and synchronizing with them some functions that vary annually, such as the breeding and migratory behavior of the birds. In this way, it becomes important to study its morphology and how this knowledge can aid in the survival of seabirds.

Keywords: pineal gland, circadian cycle, reproduction, seabirds.

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

INTRODUÇÃO

A glândula pineal é uma glândula endócrina presente em todos os vertebrados cuja secreção é diretamente influenciada pelo fotoperíodo. Os ritmos circadianos são fundamentais para a organização temporal de comportamento e fisiologia das aves. Seus sistemas de marca-passo são complexos, podendo estar relacionados com os vários estilos de vida que as aves apresentam em uma variedade de ambientes diferentes. Nas aves, os marca-passos circadianos estão localizados no hipotálamo, na glândula pineal e/ou nos os olhos. A literatura não traz nenhum estudo morfológico sobre a glândula pineal dessas espécies de aves migratórias.

REVISÃO DE LITERATURA

A glândula pineal é uma projeção mediana em forma de cone, localizada no diencéfalo, na região do epitélamo, com um recesso no terceiro ventrículo. É uma glândula endócrina cujas secreções são influenciadas pelo fotoperíodo (luz/escuridão) (GARTNER; HIATT, 1999). Exerce função de modulação endócrina e regulação de sistemas não endócrinos, quando estes sofrem a ação de alterações ambientais e/ou do próprio organismo (ERHART, 1992).

A glândula pineal está presente em todos dos vertebrados exceto no anfioxo (SCHAFFER et al.,1909). Um órgão pineal, propriamente dito, está ausente em crocodilianos, elefantes, algumas baleias, edentatas e sirênios, mas células pineais são observadas envolvidas por células gliais, tecido conjuntivo e vasos, formando um complexo pineal disperso (QUAY, 1972; VOLLRATH, 1981).

A glândula é formada durante o desenvolvimento embrionário por uma evaginação do teto do diencéfalo posterior, entre a habênula e a comissura posterior; bem como os olhos que possuem origem neuroepitelial. Durante o curso da evolução, a função da pineal passou de secretória e fotossensível para apenas neuroendócrina, tendo suas atividades bioquímicas influenciadas pela luz que incide nos olhos (HAMASAKI, 1977; SMITH, 2018). Existem diferenças de tamanho,

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

formato, e histologia nas glândulas das aves, sendo geralmente descrita como bem desenvolvida em aves de hábitos diurnos e diminuída em algumas espécies crepusculares e noturnas. Nas aves, se localiza na superfície dorsal do cérebro, entre os dois hemisférios do telencéfalo e o cerebelo, podendo apresentar três formações distintas: sacular (passeriformes), tubofolicular (pombos e patos) e lobular (galinha e codorna-japonesa) (GWINNER, 2000; QUAY, 1965; QUAY, 1972; HALDAR, 2001).

Em se tratando das aves, Gallardo e Piezzi (1973) relatam que a glândula pineal é uma estrutura alongada sólida parenquimatosa, rodeado por uma cápsula de tecido conjuntivo e meninges. Ela se estende cranialmente entre cérebro e cerebelo, em continuidade com o plexo coróide. Possui células fotorreceptoras, ependimais e neurônios. Os pinealócitos são caracterizados por serem fotorreceptores modificados com redução de segmentos eferentes, e em muitas espécies de aves as conexões sinápticas estão ausentes. Os mesmos possuem pigmentos fotossensíveis de estrutura similar a rodopsina, o que sugere que os pinealócitos das aves são fotorreceptores e a produção de melatonina é dependente da luz. Possuem grânulos secretórios nos complexos de golgi, podendo a célula ser do tipo bipolar ou pseudo unipolar em algumas espécies (GWINNER, 2000). Os aspectos fisiológicos e de regulação genética determinam de que maneira a glândula afeta o comportamento das aves (BARCELOS, 2015).

A glândula está conectada ao cérebro por vias aferentes e eferentes, pode-se observar intensa inervação na maioria das espécies de aves já estudadas, composta por fibras pós-ganglionares simpáticas originadas do gânglio cervical superior. Em pardais foram descritas também entradas de fibras nervosas originadas do complexo habenular e da área do núcleo paraventricular, tendo como via aferente mais notável, neurônios acetil-colinesterase positivos, que saem da pineal e se projetam no núcleo habenular e camada periventricular do hipotálamo. Diferente dos passeriformes, em galiformes foram descritas apenas algumas projeções da pineal para o cérebro (GWINNER, 2000).

A melatonina é uma indolamina sintetizada pelos pinealócitos a partir da serotonina. O processo de síntese é ativado pela noradrenalina liberada pelas fibras simpáticas. No período claro (dia) estas fibras tem pouca atividade, porém no

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

período escuro (noite), a inervação simpática da pineal é ativada, liberando noradrenalina, aumentando em torno de dez vezes os níveis de melatonina. Deste modo, a síntese de melatonina não é um processo contínuo e suas concentrações no sangue obedecem a um ritmo circadiano, com picos durante a noite (MACHADO, 1998). Além disso, a melatonina também pode ser produzida extra-pineal como na retina, no trato gastrintestinal, na placenta, na medula óssea e células imunocompetentes, exercendo diversas funções (TAMURA, 2009).

Os ritmos circadianos são uma característica fundamental comum de sistemas vivos. Eles são gerados por um ou mais osciladores endógenos e programado através do trabalho de um marca-passo (PITTENDRIGH, 1981). Nas aves, os marca-passos circadianos estão localizados no hipotálamo, na glândula pineal e/ou nos olhos (STEELE, 2003; UNDERWOOD, 2001). A característica de um ritmo circadiano é a sua persistência em condições constantes e por um arrastamento cíclico com estímulos ambientais, sendo a luz o mais potente estímulo de arrastamento, podendo inclusive afetar o desenvolvimento embrionário (ARENDRT, 1995; PITTENDRIGH, 1981; COOPER, 2011).

Os ritmos circadianos são fundamentais para a organização temporal de comportamento e fisiologia das aves (PITTENDRIGH, 1993). Os fatores ambientais percebidos pelas aves que precedem a migração são a duração dos dias e as mudanças climáticas, que ocorrem em paralelo a mudanças hormonais e acúmulo de gordura (GUSTMANN, 2012). Seus sistemas de marca-passo são complexos, podendo estar relacionados com os vários estilos de vida que as aves apresentam em uma variedade de ambientes diferentes (GWINNER; BRANDSTÄTTER, 2001). As aves percebem a informação sobre o ambiente fótico por fotorreceptores da retina, da glândula pineal e do hipotálamo (CASSONE, 1984; MENAKER, 1974). Todos esses três componentes podem contribuir na regulação da ritmicidade fisiológica e comportamental. A glândula pineal, produzindo melatonina (BRANDSTÄTTER, 2003), o oscilador hipotalâmico possivelmente age produzindo sinais neurais, e a retina deste modo, produz melatonina periodicamente ou produz sinais neurais (GWINNER; BRANDSTÄTTER, 2001).

Como as aves voam e a massa corpórea é uma limitação, durante a estação não reprodutiva a maioria das aves inativa completamente seu sistema reprodutivo,

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

sendo capazes de alocar recursos a outras atividades sazonais como muda ou migração (HILDEBRAND, 1995; DAWSON, 2001). Enquanto essa inativação completa do sistema reprodutivo durante a estação não reprodutiva garante benefícios energéticos, também impõe uma restrição temporal porque a reativação do sistema reprodutivo requer semanas ou, até mesmo, meses. Para neutralizar essa restrição temporal, animais que vivem em habitats sazonalmente previsíveis preparam-se para a próxima estação reprodutiva usando o fotoperíodo como um sinal confiável para seguir condições favoráveis (DAWSON, 2001).

Esta descrição é baseada em estudos de espécies tais como o Estorninho (*Sturnus vulgaris*) (YOUNG, 2001) e a espécie tropical de codorna japonesa (*Coturnix japonica*) (FOLLETT; PEARCE-KELLY, 1990). Apesar da mudança no fotoperiodismo nos trópicos ser mais branda, as aves tropicais também são fotoperiódicas, como foi visto para a espécie africana Cartaxo-comum (*Saxicola torquata axillaris*) (GWINNER; SCHEUERLEIN, 1999).

O sucesso na conservação de animais requer um conhecimento detalhado sobre sua distribuição temporal e espacial, padrões de migração e utilização de habitat, em particular, como esses elementos são afetados por fatores ambientais.

É conhecido que a glândula pineal é um marcapasso do sistema temporizador infradiano circanual encarregado de monitorar as estações do ano e sincronizar com elas algumas funções que variam anualmente, como o comportamento reprodutor e migratório das aves.

A glândula pineal vem sendo estudada detalhadamente em vários animais e muitos achados demonstram a importância da pineal em vertebrados, mamíferos e humanos. Comum a todos os vertebrados é o caráter endócrino da pineal, cuja secreção é controlada pelo ciclo claro-escuro ambiental (UNDERWOOD; GROSS, 1982).

Sendo a produção de melatonina exclusivamente noturna, a duração de sua concentração depende da duração do período de escuro do ciclo dia-noite. A concentração plasmática de melatonina também varia de acordo com as diversas estações do ano, que determinam noites com diferentes durações conforme a estação vigente (PERES, 1996).

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

A pineal é um temporizador do meio interno, estando envolvida na regulação de diversas funções fundamentais para a sobrevivência do indivíduo; regulação endócrina da reprodução, modulador do comportamento sexual, ciclo sono-vigília, regulação do sistema imunológico, regulação do metabolismo intermediário. Relatos ligam a pineal a distúrbios psiquiátricos como SAD (Seasonal Affective Disorder), analgesia e estresse, distúrbios do sono, epilepsia e outras manifestações clínicas (POWEL, 1972).

Atualmente, a glândula pineal continua sendo uma estrutura muito estudada, porém, Silvino (1999), comenta que todos os conhecimentos sobre a glândula pineal estão embasados em observações funcionais sem relatos explícitos sobre suas bases morfológicas, já que as informações da anatomia macro e microscópica deste órgão são parcimônias, quando existentes. Desta forma, torna-se importante o conhecimento sobre a morfologia micro e macroscópica da glândula pineal das aves, visto que, há poucos achados na literatura e por conta de diversos fatores provocados pelo homem como a poluição e destruição de habitats naturais muitas aves irão desaparecer antes mesmo que possamos estudá-las.

REFERÊNCIAS

- AUSTIN, O.L. **The migration of the common tern (*Sterna hirundo*) in the western hemisphere**. Journal of Ornithological Investigation. V.24.n.2.1953
- ARENDRT J. (Org.), **Melatonin and the Mammalian Pineal Gland**. London: Chapman and Hall, 1995.
- BARCELOS, R.P.; SUZYMEIRE, B. FILADELPHO,A.L.; GRAÇA, W.J. **The morphology of the pineal gland of the Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*, Forster, 1781)**. Journal of Morphological Sciences, 2015.
- BRANDSTÄTTER, R. **Encoding time of day and time of year by the avian circadian system**. J. Neuroendocrinol. v. 15, p. 398-404, 2003.
- CASSONE, V.M.; MENAKER, M. **Is the avian circadian system a neuroendocrine loop?** J. Exp. Zool. V.232. p.539-549. 1984
- COOPER, C.B.; VOSS, M.A.; ARDIA, D.R.; AUSTIN, S.H.; ROBINSON, D.W. **Light increases the rate of embryonic development: implications for latitudinal trends in incubation period**. Functional Ecology, v.25. p.769-776. 2011.

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

DAWSON, A.; KING, V. M.; BENTLEY, G. E.; BALL, G. F. **Photoperiodic control of seasonality in birds**. J. Biol. Rhythms. v. 16, p. 365-380, 2001.

ERHART, E. A. **Elementos de anatomia humana**. 8ed. São Paulo: Atheneu, 1992.

FOLLETT, B. K.; PEARCE-KELLY, A. **Photoperiodic control of the termination of reproduction in japanese quail (*Coturnix japonica*)**. Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. v. 242, p. 225-230, 1990.

GALLARDO, M. P.; PIEZZI, R. S. **Serotonin Content in the Pineal Gland of the Antarctic Penguin (*Pygoscelis papua*)**. General and Comparative Endocrinology. v. 21, p. 468-471, 1973.

GARTNER, L. P.; HIATT, J. L. **Tratado de histologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

GUSTMANN, P.C. **Migração das aves**. In: Cronobiologia: uma revisão bibliográfica. Florianópolis, 2012.

GWINNER, E.; SCHEUERLEIN, A. **Photoperiodic responsiveness of equatorial and temperate-zone stonechats**. Condor. v. 101, p. 347-359, 1999.

GWINNER, E. HAU, M. **The Pineal Gland, Circadian Rhythms, and Photoperiodism**. In: WHITTOW, G.C. Avian Physiology. San Diego: Academic Press. P. 557-565. 2000.

GWINNER, E.; BRANDSTÄTTER, R. **Complex bird clocks**. Phil. Trans. R. Soc. London. B. v. 356, p. 1801-1810, 2001.

HALDAR, C. BISHNUPURI, K.S. **Comparative view of pineal gland morphology of nocturnal and diurnal birds of tropical origin**. Microscopy research and technique. P.25-32. 2001.

HILDEBRAND, M. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1995.

MACHADO, A. **Neuroanatomia Funcional**. 2ed. São Paulo: Atheneu, 1998.

MENAKER, M. OKSCHE, A. **The avian pineal organ**. In: FARNER, D.S.; KING, J.R. Avian Biology. P. 79-118. Academic Press: New York. 1974

PERES, M. F. P. **A glândula pineal e sua função no homem**. Boletim Médico Espírita: Associação Médico Espírita de São Paulo. n. 10, 1996.

PITTENDRIGH, C. S. **Circadian systems: entrainment**. In: ASCHOFF, J. (Org.), Handbook of Behavioral Neurobiology, Biological Rhythms. 4ed. New York: Plenum Press. p. 57-80. 1981

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP

PITTENDRIGH, C. S. **Temporal organization: reflections of a Darwinian clockwatcher**. Annu. Rev. Physiol. v. 55, p. 17-54, 1993.

POWEL, M. A. E. **O corpo astral**. São Paulo: Pensamento, 1972.

QUAY, W.B. **Histological structure and citology of the pineal organ in birds and mammals**. Progr. Brain Res. V. 10. p. 49-86. 1965.

QUAY, W.B. **Infrequency of pineal atrophy among birds and its relation to nocturnality**. Condor. V.74. p. 33-45. 1972.

SMITH, K.T.; BUHALLAR, B.S.KOHLER, G.; HABERSETZER, J. **The only known jawed vertebrate with four eyes and the Bauplan of the Pineal Complex**. Current Biology, Cell Press. 2018.

STEELE, C. T.; ZIVKOVIC, B. D.; SIOPE, T.; UNDERWOOD, H. **Ocular clocks are tightly coupled and act as pacemakers in the circadian system of Japanese quail**. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. v. 284, p. 208-218, 2003.

TAMURA, E. K. **Efeito da melatonina sobre a produção endotelial de óxido nítrico in vitro e in vivo**. 2009

UNDERWOOD, H.; GROSS, G. **Vertebrate circadian rhythms: Retinal and extraretinal photoreception**. Experientia. v. 38, p. 1013-1021, 1982.

UNDERWOOD, H.; STEELE, C. T.; ZIVKOVIC, B. D. **Circadian organization and the role of the pineal gland in birds**. Microsc. Res. Tech. v. 53 p. 48-62, 2001.

VOLLRATH, L. **The pineal organ**. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

YOUNG, K. A.; BALL, G. F.; NELSON, R. J. **Photoperiod induced testicular apoptosis in european starlings (*Sturnus vulgaris*)**. Biol. Reprod. v. 64, p. 706-713, 2001.

YOUNG, B.; HEATH, J.W. **Sistema Nervoso Central**. In: UOUNG, B.; LOWE, J. S.; STEVENS, A.; HEATH, J. W. Wheater - Histologia Funcional. 4ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 134-137. 2001.

¹Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP e Médicos-Veterinários do Projeto Cetáceos da Costa Branca (PCCB/UERN)

²Docentes da Faculdade de Ensino Superior e Formação Integral – FAEF, Garça-SP

³Docentes do Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens FMVZ/UNESP, Botucatu-SP