

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Larissa Gomes de Jesus

**Aspectos Cognitivos e Comportamentais da Lateralidade em Psitacídeos: Uma Revisão
Sistemática**

Juiz de Fora

2022

Larissa Gomes de Jesus

**Aspectos Cognitivos e Comportamentais da Lateralidade em Psitacídeos: Uma Revisão
Sistemática**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Doutora Aline Cristina Sant'Anna

Juiz de Fora

2022

Imprimir na parte inferior, no verso da folha de rosto a ficha disponível em:

<http://www.ufjf.br/biblioteca/servicos/usando-a-ficha-catalogfica/>

Larissa Gomes de Jesus

**Aspectos Cognitivos e Comportamentais da Lateralidade em Psitacídeos: Uma Revisão
de Literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Federal de Juiz de
Fora como requisito à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em 19 de Agosto de 2022

BANCA EXAMINADORA

Doutora Aline Cristina Sant'Anna - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Doutora Simone Jaqueline Cardoso - Banca
Universidade Federal de Juiz de Fora

Mestre Maria Guilhermina Marçal- Pedrosa- Banca
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dedico este trabalho a todos que assim como eu amam
fazer novas descobertas científicas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Universidade Federal de Juiz de Fora, que fornece um ensino de alta qualidade e que possui professores qualificados de diversas áreas, o que me permitiu flutuar entre diversas áreas até encontrar minha vocação. Dentre os professores agradeço imensamente à Professora Dra. Sueli de Souza Lima que foi minha primeira orientadora, me acolheu desde o primeiro período e me apresentou à pesquisa científica. Agradeço também à Professora Dra. Lilian Manica que durante seu curto período na UFJF, se dispôs a me orientar, em um período de pandemia, me apresentou a ornitologia e a área da lateralidade a qual me apaixonei profundamente. Por fim, mas não menos importante, agradeço à Professora Dra. Aline Cristina Sant'Anna que me acolheu em meu último período, me orientou durante o TCC e me ajudou a chegar até aqui e além disso foi a responsável por despertar meu interesse na área de comportamento animal com sua didática e docência fantástica, muito obrigada.

Não poderia deixar de agradecer a minha mãe, que se esforçou ao máximo para que eu pudesse ter as melhores oportunidades. Desde quando eu era criança ela lutou para que eu chegasse até aqui, buscou as melhores escolas, aulas particulares, cursinhos e até mesmo uma bolsa de estudos em uma escola particular ela conseguiu, para que eu pudesse ter a chance que ela nunca teve: de me formar em uma universidade. Obrigada por tudo mãe, meu sonho é um dia poder retribuir tudo o que você fez por mim.

Agradeço às minhas amigas e meus amigos que acompanharam minha trajetória até aqui, que compartilharam comigo memórias incríveis e várias histórias. Aos meus companheiros de graduação que vivenciaram essa loucura que é a Biologia e fizeram da faculdade um lugar muito mais divertido. E um agradecimento especial à minha amiga Bruna Médice que não desistiu de mim, em um momento que até eu já tinha desistido, e continuou acompanhando as listas de chamada do PISM pois acreditava que eu seria aprovada, muito obrigada amiga se não fosse por você eu teria perdido essa oportunidade .

E por último meu muito obrigada à banca, Professora Dra. Simone Jaqueline Cardoso e a Mestre Maria Guilhermina Marçal-Pedrosa que aceitaram participar dessa última etapa da graduação comigo.

RESUMO

A lateralidade é definida como assimetrias de estruturas bilaterais ou vieses comportamentais, sendo expressa tanto em animais vertebrados quanto em invertebrados. Uma das formas de manifestação da lateralidade é através da preferência por um membro específico, ou por um campo de visão monocular, como acontece com os Psitacídeos. O objetivo desse trabalho foi levantar evidências científicas a respeito da lateralidade em psitacídeos a partir de uma revisão sistemática. O levantamento sobre o tema foi realizado nas seguintes bases de dados: CABI, Web of Science e Scopus. A busca inicial chegou a um total de 76 referências, das quais, após filtragem e seleção, chegou a um total de 19 artigos completos elegíveis para inclusão na síntese qualitativa. Desse total, quatro artigos fizeram uma revisão sobre a temática, cinco dos artigos originais eram relacionados à preferência por um membro específico, dois discorriam sobre a preferência de olhos, cinco abordavam os aspectos cognitivos, um sobre a ontogênese da lateralidade e, por fim, três investigaram as bases neurais da lateralidade em Psitacídeos. Os primeiros relatos relacionados à lateralidade na família Psittacidae datam de XVII, mas só no século XX que a lateralidade foi quantificada e relacionada com traços comportamentais e fisiológicos. Uma das formas de se avaliar a lateralidade é através da preferência por um membro (do inglês *footedness* em que o Psitacídeos quase que exclusivamente, dependendo da força da lateralidade, utilizam um pé específico para manipular os alimentos, podendo então ser destros, canhotos ou ambidestros, quando utilizam ambos os membros na mesma proporção. Outra forma de quantificar a lateralidade é através da preferência por um dos lados da visão monocular, e essa escolha está relacionada ao maior uso do hemisfério cerebral contralateral. Uma das vantagens associadas à lateralidade é que ela aumenta a capacidade cognitiva em geral, pois ela pode promover um processamento simultâneo de informações. Mas os animais não nascem expressando a lateralidade, o desenvolvimento ontogenético dessa característica ocorre após a eclosão dos ovos, com os filhotes começando a expressar preferência por um lado específico ao final da quarta semana de vida. Por fim, em relação a neuroanatomia do cérebro dos psitacídeos lateralizados, uma associação está presente entre o tamanho corporal do indivíduo e a força da lateralidade, ou seja, quanto maior for o animal, mais ele será lateralizado e maior será sua massa encefálica, o que está intimamente relacionado à capacidade cognitiva já que um maior número de neurônios corresponde a uma maior capacidade de processar informações. Assim, esse estudo gerou um compilado de dados presentes na literatura a respeito da família Psittacidae, envolvendo diversos aspectos comportamentais, fisiológicos e cognitivos da lateralidade. Foram identificadas algumas lacunas como poucos estudos relacionados às espécies latino-americanas da família, ausência de dados relacionando a lateralidade com a personalidade e temperamento dos indivíduos, o que caracteriza esse campo como promissor para pesquisas futuras envolvendo essa temática.

Palavras -chave: assimetria lateral, cognição, comportamento, preferência lateral, Psittacidae

ABSTRACT

Laterality is defined as asymmetries of bilateral structures or behavioral biases, being expressed in both vertebrate and invertebrate animals. One of the forms of laterality manifestation is through the preference for a specific limb, or for a monocular field of vision, as happens with parrots. The aim of this study was to gather information about laterality in parrots from a literature review. The survey on the topic was carried out in the following databases: CABI, Web of Science, and Scopus. The initial search reached a total of 76 references that reached a total of 19 full articles eligible for inclusion in the qualitative synthesis, after filtering and selection. From this total, four of the articles reviewed the theme, five of the original papers were related to preference for a specific limb, two discussed eye preference, other five addressed cognitive aspects, one argued on the ontogenesis of laterality and, finally, three investigated the neural bases of laterality in parrots. The first reports related to handedness in the Psittacidae family date back to the 17th century, but it was not until the 20th century that handedness was quantified and related to behavioral and physiological traits. One of the ways of evaluating laterality is through the preference for a limb, or footedness, in which Psittacidae almost exclusively, depending on the strength of laterality, use a specific foot to manipulate food, being able to be right-handed, left-handed or ambidextrous, when they use both limbs in the same proportion. Another way to quantify laterality is through the preference for one side of the monocular vision, and this choice is related to the greater use of the contralateral cerebral hemisphere. One of the advantages associated with handedness is that it increases cognitive ability in general, as it can promote simultaneous processing of information. However, animals are not born expressing laterality, the ontogenetic development of this trait occurs after the eggs hatch, with the young beginning to express a preference for a specific side at the end of the fourth week of life. Finally, in relation to the brain neuroanatomy of lateralized parrots, an association is present between the individual's body size and the strength of laterality, that is, the larger the animal, the more it will be lateralized and the greater its brain mass, which could be closely related to cognitive ability since a greater number of neurons corresponds to a greater ability to process information. Thus, this study generated a compilation of data present in the literature about the Psittacidae family, involving several behavioral, physiological and cognitive aspects. However, there were gaps because there are not enough studies related to the Latin American species of the family, which results in a lack of data relating the laterality with the personality and temperament of individuals. This characterizes this field as promising for future research involving this theme.

Keywords: behavior, cognition, lateral asymmetry, lateral preference, Psittacidae

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Fluxograma de busca e seleção de artigos	14
----------	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Artigos selecionados para a revisão e suas respectivas categorias.
.....15

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	Metodologia	13
3	Resultados e Discussão	15
3.1	Artigos de revisão.....	16
3.2	Preferência de membro (<i>Footedness</i>).....	17
3.3	Preferência de olho	19
3.4	Lateralidade e sua relação com a cognição	20
3.5	Ontogênese da lateralidade	23
3.6	Bases neurais da lateralidade.....	24
4	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

A lateralidade é definida como assimetrias de estruturas bilaterais ou vieses comportamentais (WIPER, 2017). Por muitos anos a lateralidade foi vista como uma característica presente apenas em humanos, mas agora já se sabe que a lateralidade está difundida desde os primeiros cordados (VALLORTIGARA; ROGERS, 2005) e vai muito além disso. Tal fato sugere que a lateralização do sistema nervoso pode ser uma característica comum de cérebros com diferentes estruturas e histórias evolutivas (ANFORA, 2010).

Há diversos exemplos de como a lateralidade pode se expressar, tanto em animais vertebrados quanto em invertebrados. Por exemplo, as abelhas são capazes de aprender e associar odores por meio da extensão da probóscide e o aprendizado é aprimorado quando usam a antena direita (ANFORA, 2010). Anfíbios anuros reagem mais rápido quando um predador está no seu campo de visão monocular esquerdo do que no direito (LIPPOLIS et al., 2002) e isso indica que as respostas associadas ao medo e à fuga de predadores são processadas no lado direito do cérebro (VALLORTIGARA; ROGERS, 2005). Lulas e peixes preferem nadar no sentido anti-horário quando estão predando camarões (KARIM, 2016). Por fim, moscas, formigas, aranhas e caracóis expressam assimetrias comportamentais que vão desde a preferência por um olho específico, a assimetrias em comportamentos de cortejo (ROGERS, 2012).

As assimetrias laterais oferecem vantagens ao aumentarem a capacidade neural de um indivíduo, já que quando um hemisfério é especializado para uma tarefa específica, o outro fica disponível para aprender uma nova função (VALLORTIGARA; ROGERS, 2005). Isso evita interferências do hemisfério contralateral além de prevenir redundâncias, como funções duplicadas nos dois hemisférios. Outra vantagem da lateralização, é que um cérebro lateralizado é capaz de performar mais funções mantendo o mesmo volume cerebral, visto que um cérebro mais volumoso é mais custoso energeticamente (WIPER, 2017).

Porém, a lateralidade pode trazer também algumas desvantagens, como no caso da interação predador-presa. Os predadores podem aprender e explorar os vieses laterais de suas presas, o que as deixam mais suscetíveis à predação, devido à previsibilidade de suas ações (VALLORTIGARA; ROGERS, 2005). Outro exemplo de custos inerentes à lateralidade é o caso do peixe *Brachyraphis episcopi*, que perde presas em potencial por nadar em direção ao lado favorito ao invés de seguir em direção ao item alimentar (WIPER, 2017).

Psitacídeos podem expressar lateralidade através da preferência por um dos lados da visão monocular, o que indica o uso do hemisfério contralateral correspondente e também pelo uso do pé para manipulação dos itens alimentares. Entre as aves, os psitacídeos são famosos por suas elevadas capacidades cognitivas (GRIFFIN; SPECK, 2004; PEPPERBERG, 2004; KACELNICK et.al ., 2006; MAGAT, 2009). Regiões paliais associadas à integração de informações, aprendizado e inovações no cérebro dos Psitacídeos são altamente desenvolvidas e comparáveis às dos primatas (IWANIUK et al., 2005; EMERY, 2006; CUSSEN, 2014). O hemisfério esquerdo é responsável pelo forrageamento, discernimento e manipulação de itens alimentares, atenção e reconhecimento de vocalizações. Já o hemisfério direito é responsável pelo comportamento sexual, reconhecimento espacial e controla reações a predadores (VALLORTIGARA; ROGERS, 2005).

Tendo em vista as evidências prévias da presença de lateralidade em Psitacídeos, o objetivo deste trabalho foi reunir evidências científicas acerca da lateralidade neste grupo e compreender os diferentes mecanismos (cognitivos, motores, visuais e ontogenéticos) de expressão das preferências laterais na família Psittacidae.

2 Metodologia

A busca sistemática na literatura foi realizada no período de abril a julho de 2022 utilizando as bases de dados Scopus, Web of Science e CABI com os seguintes termos de busca: (laterali* OR "lateral asymmetry" OR "foot preference") AND (parrot OR psittacine

OR psittacidae). Foram usados como critérios de inclusão artigos científicos originais e revisões de literatura, publicados em língua inglesa, sem limitar quanto ao ano de publicação ou localidade do estudo.

A pesquisa na base CABI resultou em 9 artigos, na Web of Science 35 artigos e no Scopus 32 artigos (Figura 1). Após essa primeira seleção, foram removidas as duplicatas e, assim, chegamos a um total de 53 artigos. A última filtragem dos trabalhos se deu por meio da leitura dos resumos, títulos e palavras-chave, por dois avaliadores independentemente, selecionando aqueles que eram pertinentes ao tema Lateralidade e os diferentes mecanismos em psitacídeos, sendo obtidos 20 artigos. Os 33 artigos foram excluídos por não se enquadrarem nos critérios avaliados ou por não pertencerem ao grupo analisado. Para um deles não foi encontrado o texto na íntegra (apenas o resumo), sendo o mesmo excluído da amostra. Assim, finalizamos com 19 artigos a serem incluídos na revisão.

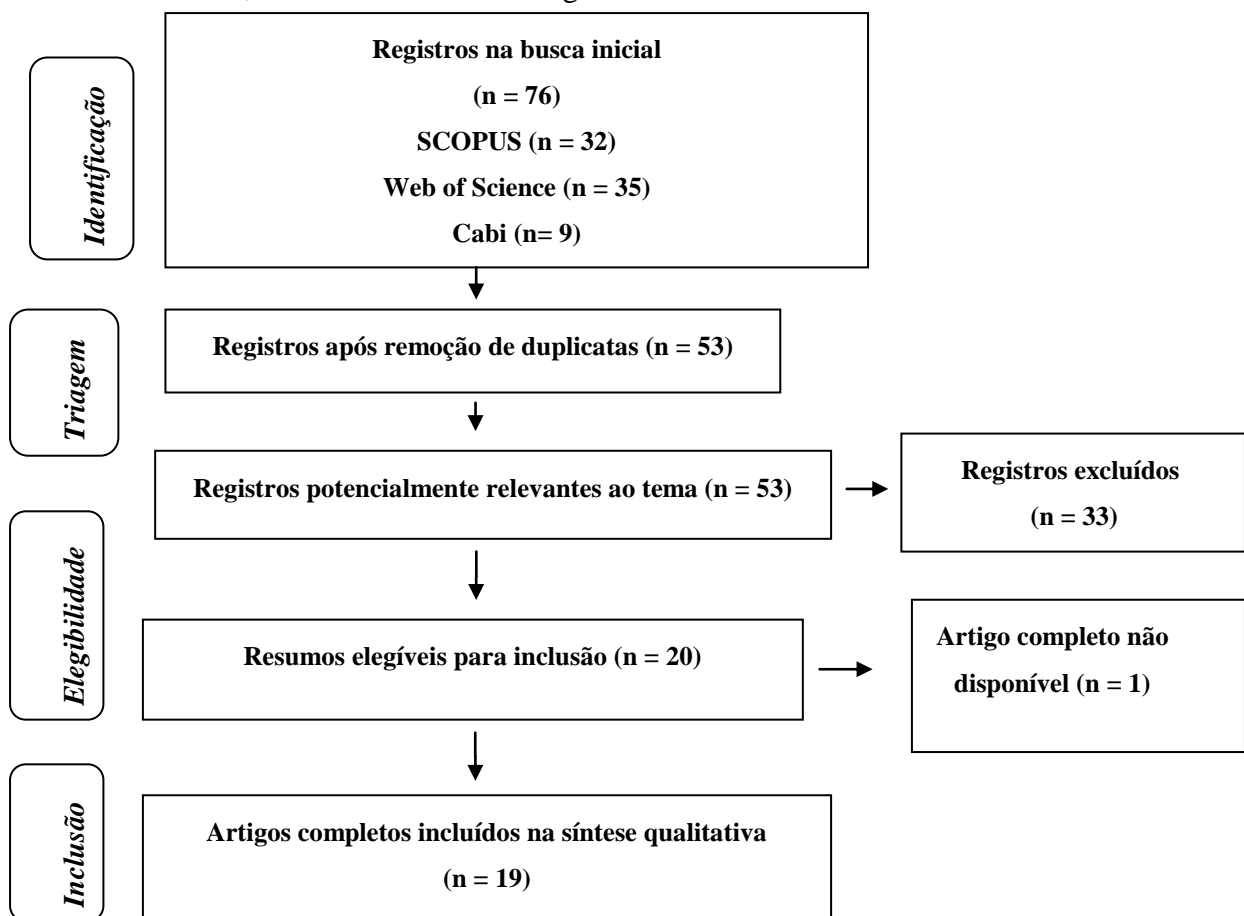


Figura 1: Fluxograma da busca e seleção de artigos

3 Resultados e Discussão

Os 19 artigos selecionados foram categorizados de acordo com o tipo de publicação ('artigos de revisão') e com o tópico tratado relativo à lateralidade, sendo eles: 'preferência de membro (do inglês *Footedness*)', 'preferência ocular', 'lateralidade e sua relação com a cognição', 'ontogêneses da lateralidade' e 'bases neurais da lateralidade'. Tal classificação foi utilizada para nortear os subitens da presente revisão de literatura. Na tabela 1 segue a descrição dos artigos encontrados, de acordo com a categoria na qual foram incluídos.

Tabela 1: Artigos selecionados para a revisão e suas respectivas categorias.

Artigo	Base	Categorização	Referência
Footedness in Parrots: Three Centuries of Research, Theory, and Mere Surmise	Scopus	Artigo de revisão	Harris, 1989
Laterality Enhances Cognition in Australian Parrots	CABI; Web of Science; Scopus	Artigo de revisão, Cognição	Magat; Brown, 2009
A Matter of Degree: Strength of Brain Asymmetry and Behaviour	Web of Science	Artigo de revisão	Rogers, 2017
Perspectives on Asymmetry: The Erickson Lecture	Web of Science; Scopus	Artigo de Revisão	Cohen, 2012
The Evolution of Lateralized Foot Use in Parrots: a Phylogenetic Approach	Web of Science; Scopus	Footedness	Brown; Magat, 2011a
Foot Preferences in Wild-Living Ring-Necked Parakeets (<i>Psittacula krameri</i> , Psittacidae)	Web of Science; Scopus	Footedness	Randler; Braun; Lintker, 2011
Behavioural Lateralization in Budgerigars Varies with the Task and the Individual	Web of Science; Scopus	Footedness	Schiffner; Srinivasan, 2013
Investigating Laterality in the Freely Occurring Behaviors of Budgerigars	Scopus	Footedness	Duggan; Burckley; Anderson, 2016
Spatial and Temporal Patterns of Lateralization in a Parrot Species Complex	Web of Science; Scopus	Footedness	Berg et al., 2020
Vision, Touch and Object Manipulation in Senegal Parrots <i>Poicephalus senegalus</i>	Web of Science	Preferência de olho	Demery; Chappell;

Martin, 2015

Topographic Specializations in the Retinal Ganglion Cell Layer Correlate With Lateralized Visual Behavior, Ecology, and Evolution in Cockatoos	Web of Science	Bases neurais e preferência de olho	Coimbra; Collin; Hart, 2014
Lexicon Size and its Relation to Foot Preference in the African Grey Parrot " <i>Psittacus erithacus</i> "	Web of Science; Scopus	Cognição	Snyder; Harris 1997
Performance on The Hamilton Search Task, and the Influence of Lateralization, in Captive Orange-Winged Amazon parrots (<i>Amazona amazonica</i>)	Web of Science; Scopus	Cognição	Cussen; Mench 2014
Lateral Asymmetry in the Freely Occurring Behaviour of Budgerigars (<i>Melopsittacus undulatus</i>) and its Relation to Cognitive Performance	Web of Science; Scopus	Cognição	D'Antonio-Bertagnolli; Anderson, 2017
Performance of Blue-Fronted Amazon Parrots (<i>Amazona aestiva</i>) When Solving the Pebbles-And-Seeds and Multi-Access-Box Paradigms: Ex Situ and In Situ Experiments	CABI; Web of Science; Scopus	Cognição	Godinho; Marinho; Bezerra, 2020
Preliminary Investigation of Foot Preference for a String-Pulling Task in Zoo Macaws	CABI; Web of Science; Scopus	Cognição	Regaiolli et al., 2021
Postnatal Development of Lateralized Motor Preference in the African Grey Parrot (<i>Psittacus erithacus</i>)	Web of Science; Scopus	Ontogênese	Snyder; Bonner, 2001
Cerebral Lateralization Determines Hand Preferences in Australian Parrots	Web of Science; Scopus	Bases neurais	Brown; Magat, 2011b
Brain Size Associated with Foot Preferences in Australian Parrots	Web of Science; Scopus	Bases neurais, Cognição	Kaplan; Rogers, 2021

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

3.1. Artigos de Revisão

No século XVII, o médico inglês Thomas Browne em seu trabalho chamado '*Vulgar Errors*', escreveu sobre o que parece ser o primeiro relato de lateralidade em psitacídeos, ao fazer uma crítica à crença da época, de que o normal seria ser destro, tanto humanos quanto outros animais (HARRIS, 1989). Mas em seu trabalho ele não trouxe evidências do uso do lado esquerdo. Alguns anos depois, um autor anônimo escrevendo para uma revista britânica conseguiu responder a teoria de Browne, ao relatar que papagaios mais comumente se alimentam com a perna esquerda (HARRIS, 1989).

Paul Broca em 1865 fez a primeira associação entre o controle cerebral para a fala e destreza manual, propondo que ambas funções fossem processadas no hemisfério cerebral

esquerdo (HARRIS, 1989). Daí em diante outras observações foram feitas, como a do neurologista William Ogle que percebeu que os papagaios para escalar e subir na gaiola utilizavam uma perna e manuseavam a noz com a outra perna. A preferência pelo uso do pé esquerdo era justificada como sendo o pé manipulador, assim como a mão direita na maioria dos humanos é o membro manipulador (HARRIS, 1989). Cohen (2012) elaborou uma revisão a respeito da lateralidade em humanos e diversas espécies animais, incluindo o papagaio Cinzento Africano (*Psittacus erithacus*) e confirma o mesmo conceito defendido em Harris (1989), que os papagaios pousam com o pé direito e manipulam os alimentos com o pé esquerdo.

A lateralidade pode ser quantificada ao se examinar traços comportamentais, como preferência de uso de um lado monocular específico, para analisar objetos ou situações (MAGAT; BROWN, 2009). Em 1979 foi publicado pela primeira vez o relato sobre a lateralização no comportamento visual no cérebro das aves (ROGERS, 1979). Desde então, mais estudos foram feitos e chegaram à conclusão de que a assimetria no sistema visual aumenta a velocidade para o reconhecimento de objetos (ROGERS, 2017). Sendo assim, as aves mais lateralizadas conseguem distinguir melhor seu alimento e, conseqüentemente, garantem acréscimos em seu fitness, o que traz vantagens a nível individual e populacional.

3.2. Preferência de membro (*Footedness*)

A preferência pelo uso de um pé específico, principalmente para a alimentação, do inglês *Footedness*, é comum entre o grupo dos Psitacídeos e já foi descrita para várias espécies (BERG et al., 2020). Essa preferência ocorre tanto a nível individual quanto populacional (DUGGAN; BRUCLEY; ANDERSON, 2016), mas também pode sofrer variações ambientais, comportamentais e ecológicas (BERG et al., 2020).

O *footedness* também pode estar associado a um olho específico. Randler, Braum e Lintker (2011) mostraram que Ring necks (*Psittacula krameri*) selvagens preferem fazer uso do olho esquerdo e geralmente este padrão estava associado ao olho ipsilateral, do lado correspondente ao membro escolhido, necessário para orientação durante a alimentação. Nesse estudo, o viés para a esquerda acontece tanto a nível individual quanto populacional. Outros trabalhos também fazem essa relação do *footedness* com a lateralização ocular, como em Brown e Magat, (2011a) no qual o objetivo foi avaliar se a lateralização cerebral influencia a escolha dos pés e encontraram uma relação positiva entre a preferência visual e o pé escolhido para manusear o alimento.

Fatores geográficos e ambientais como clima, vegetação e precipitação também podem exercer influência no *footedness*. Berg et al., (2020) descobriram que em populações de Rosela vermelha do inglês “*crimson rosella*” (*Platycercus elegans adelaidae*) que vivem em ambientes mais úmidos, frios e de floresta com mata densa do leste australiano, eram proporcionalmente mais destros do que aqueles que vivem em regiões áridas e setentrionais, onde cerca de 50% da população é canhota. Dessa forma, eles concluem que as inclinações ambientais podem ser um fator importante na variação geográfica da lateralidade. Nesse mesmo estudo, Berg et al. (2020) descobriram que em algumas populações com plumagem de coloração variável e intermediária, o grau de ambidestria era consideravelmente mais elevado do que em outras populações estudadas e esse achado pode estar relacionado com o comportamento social, lateralização do processamento visual, e processos ecológicos como pressão de predação.

Mas a lateralidade pode ser modulada conforme a atividade e varia entre indivíduos. Schiffiner e Srinivasan (2013) testaram a variação da lateralidade em periquitos australianos quando testados individualmente ou em grupo, bem como sua consistência entre as tarefas. Os resultados apontaram uma forte lateralização desses psitacídeos, mas com grande plasticidade

quanto às variáveis analisadas: local de pouso, escolha de poleiro e resoluções de tarefas. Resultados semelhantes são encontrados na literatura, como em Duggan, Brucley e Anderson (2016) que investigaram a lateralidade em periquitos australianos (*Melopsittacus undulatus*) realizando comportamentos naturais como empoleirar e coçar a cabeça e descobriram que nesse grupo estudado não havia preferências populacionais, apenas lateralidade à nível individual e em alguns comportamentos específicos.

A lateralidade também é um carácter evolutivo, sujeito à seleção natural. Ao longo do clado dos Psittaciformes australianos, a distribuição das preferências dos pés sugere que houve uma divergência na evolução da lateralidade no grupo (BROWN; MAGAT, 2011a). Através de análises filogenéticas, ficou clara a existência de um ancestral lateralizado, com corpo maior e que costumava se alimentar de grandes sementes ou vagens, o que exigia uma habilidade de manipulação dos seus alimentos (BROWN; MAGAT, 2011a). A perda da lateralidade nas espécies de Psittaciformes australianos foi acompanhada por uma redução no tamanho corporal, seguida por uma mudança nos hábitos alimentares: ingestão de sementes menores e flores (BROWN; MAGAT, 2011a). Os Cacatuidae mantiveram o padrão ancestral em relação ao grande tamanho corporal e se tornaram majoritariamente canhotos. Por sua vez em Psittaculine, houve alteração na expressão da lateralidade ao longo da evolução do grupo: o ancestral era canhoto mas agora a maioria dos indivíduos são destros. Em Loriinae, família com espécies com corpo pequeno, não há expressão de lateralidade e eles se alimentam de sementes pequenas e flores (BROWN; MAGAT, 2011a). Dessa forma, através da seleção natural a lateralidade quanto à preferência de membro pode ser mantida, evidenciando um conservadorismo de nicho, modificada ou até mesmo perdida, dependendo dos hábitos alimentares e ecologia das espécies.

3.3. Preferência de olho

Os psitacídeos geralmente analisam o item alimentar utilizando o campo de visão monocular preferido e, posteriormente, utilizam o pé correspondente para fazer a manipulação desse alimento. Em um estudo feito com a família Cacatuidae (COIMBRA; COLLIN; HART, 2014), foi encontrado especificações morfológicas significativas nas células ganglionares da retina no olho esquerdo, caracterizado por um aumento na densidade das mesmas em cacatuas canhotas. Enquanto que para Cacatuidae que não expressaram preferência para um dos lados, a quantidade de células ganglionares na retina foi a mesma para os dois olhos.

Outro ponto importante a ser considerado é que os psitacídeos também utilizam o campo de visão binocular. Em um estudo utilizando papagaios do Senegal (*Poicephalus senegalus*), foi descrito que os papagaios focam no alimento com a visão monocular em seu lado de preferência e utilizam o pé para manipular o alimento, nesse momento há uma mudança para a visão binocular, onde se encontra um amplo campo frontal que auxilia na inspeção dos alimentos retidos no pé (DEMERY; CHAPPELL; MARTIN, 2015).

A forma como os olhos são posicionados nos psitacídeos favorece a visão binocular e conta com uma simetria nas células ganglionares na região dorsotemporal da retina (COIMBRA; COLLIN; HART, 2014), e esse posicionamento contribui para detectar informações de predadores e coespecíficos (DEMERY; CHAPPELL; MARTIN, 2015). Na ponta da curvatura do bico dos papagaios, há um órgão mecanorreceptor, que fornece informações táteis sobre o alimento agarrado, contribuindo ainda mais para a manipulação eficiente, justificando assim a posição dos olhos, pois assim ele consegue se alimentar e estar atento ao seu entorno (DEMERY; CHAPPELL; MARTIN, 2015).

3.4. Lateralidade e sua relação com a cognição

A relação existente entre a lateralidade e a capacidade cognitiva é bem clara e está entre os benefícios de possuir essas assimetrias bilaterais (ROGERS, 2008). Os psitacídeos

são conhecidos por sua capacidade cognitiva, e por possuírem alongamentos na região pial do cérebro, o qual é responsável pela integração de informações, aprendizado e inovação (IWANIUK; HURD, 2005; CUSSEN; MENCH, 2014).

A lateralidade contribui para a capacidade cognitiva em geral. Em um estudo conduzido com 40 psitacídeos das espécies (*Nymphicus hollandicus*; *Melopsittacus undulatus*; *Eolophus roseicapilla*; *Callocephalon fimbriatum*; *Calyptorhynchus banksii*; *Cacatua galerita*; *Alisterus scapularis*; *Polytelis swainsonii*) com o objetivo de investigar o efeito da lateralidade na capacidade cognitiva, os autores descobriram que indivíduos com maior grau de assimetria visual obtiveram maior sucesso na resolução da tarefa, que consiste em distinguir sementes entre pedregulhos (MAGAT; BROWN, 2009). Em um trabalho mais recente publicado por Godinho, Marinho e Bezerra (2020) utilizando a mesma metodologia citada anteriormente, mas com outra espécie de psitacídeo o papagaio verdadeiro (*Amazona aestiva*), os indivíduos canhotos obtiveram mais sucesso na resolução do teste. Esse fato confirma a contribuição da lateralidade na melhora da cognição, provavelmente por promover o processamento simultâneo de informações de diferentes fontes.

Há também uma correlação entre o *footedness* e o repertório lexical. As aves em geral possuem a habilidade de aprender novos cantos, mas os psitacídeos estão inclusos em um pequeno grupo de animais capazes de aprender um grande repertório de sons, assim como os humanos são capazes de aprender vários idiomas diferentes. Por conta disso, há uma teoria de que da mesma forma que humanos possuem uma dominância cerebral que determina a preferência das mãos (do inglês *handedness*) e a habilidade de falar, por extensão, o mesmo mecanismo pode estar atuando nos psitacídeos, determinando o *footedness* e a habilidade de vocalização. Snyner e Harris (1997) testaram essa hipótese em seu trabalho e descobriram que, nos papagaios do Congo (*Psittacus erithacus*), indivíduos destros possuem um maior repertório de palavras. O resultado sugere que o pé direito nesses papagaios pode representar

um índice comportamental de especialização hemisférica contralateral tanto para o controle motor, quanto para outras funções cognitivas. Além disso, o cérebro dos papagaios possui núcleos do sistema de controle de canto, semelhante àqueles encontrados em pássaros canoros e um conjunto adicional de núcleos (KAPLAN; ROGERS, 2021). Dentro desse centro de controle sonoro, há uma saída para as regiões somatomotoras do hiperpálio apical, o qual é equivalente ao córtex motor dos mamíferos, sendo responsável por mediar o controle do corpo e membros, juntamente com vocalizações ao longo de exibições visuais (KAPLAN; ROGERS, 2021).

Testes avaliando a cognição geralmente são aplicados em primatas e, com isso, poucos estudos randomizados com foco na cognição de aves são aplicados. Sendo assim, Cussen e Mench (2014) com o objetivo de analisar processos cognitivos básicos e sua relação com a lateralidade em papagaios do mangue (*Amazona amazonica*), utilizaram um método comum em primatas, mas pouco aplicado em aves, chamado ‘*The Hamilton Search Test*’. Essa é uma metodologia padronizada que requer tomada de decisões, aprendizado, quebra de conjunto de aprendizado e memória. O teste é feito em três fases diferentes, sendo a primeira para avaliar a memória, a segunda e a terceira para analisar a flexibilidade cognitiva. Ao final dos testes, as autoras revelaram que 92% dos papagaios conseguiram executar as tarefas e destes, 69% eram canhotos e essa forte lateralização auxiliou no aprendizado. Os psitacídeos demonstraram flexibilidade cognitiva ao alterarem suas estratégias de busca conforme a oferta de recompensas eram alteradas. Eles também foram capazes de se lembrar das tarefas seis meses após a aplicação inicial dos testes.

Já em relação aos periquitos australianos, a lateralidade é mais comumente expressa a nível individual (DUGGAN; BURCKLEY; ANDERSON, 2016). D’Antonio-Bertagnolli e Anderson (2018) estudaram os graus de lateralidade dos hemisférios cerebrais observando os comportamentos de periquitos de cativeiro e obtiveram resultados similares ao já descritos na

literatura, havendo correlações significativas entre o desempenho nas tarefas cognitivas e a força das preferências laterais. Nos indivíduos que expressaram tendências de apoio unipodal esquerdo, foi descoberto que essa preferência se manteve constante ao longo do tempo. Porém, ao contrário do esperado, D'Antonio-Bertagnolli e Anderson (2018) descobriram uma tendência a nível populacional para alisamento de penas para o lado direito e isso promoveu um maior sucesso nas resoluções dos testes cognitivos.

Por fim, um teste para avaliar a cognição de psitacídeos é o teste de puxar as cordas (REGAIOLLI et al., 2021). Em um estudo com o objetivo de avaliar a preferência dos pés de três espécies de araras (*Ara chloropterus*; *Ara araruana*; *Ara macao*) mantidas em um zoológico foram aplicados dois testes de puxar cordas com dois graus diferentes de complexidade (REGAIOLLI et al., 2021). O teste consiste em amarrar uma recompensa na ponta de uma corda para que a arara manipule a corda com o pé e o segundo teste para aumentar o nível de dificuldade as cordas são cruzadas. Os resultados deste estudo indicaram haver lateralidade à nível individual, e aqueles indivíduos que possuíam maior grau de lateralização obtiveram maior sucesso na resolução das atividades, também evidenciando a relação entre lateralidade e habilidade cognitiva nessas aves.

3.5. Ontogênese da lateralidade

Pouco se sabe sobre o desenvolvimento ontogenético da lateralidade em psitacídeos. Em um estudo piloto observacional, utilizando três filhotes de papagaio do Congo (*Psittacus erithacus*) eles investigaram o desenvolvimento pós-natal de assimetrias motoras (SNYDER; BONNER, 2001). Após 24 dias de nascimento, os filhotes começaram a mostrar inclinações laterais para a esquerda. Depois de 4 meses, esse padrão continuou, inclusive em comportamentos de *footedness* utilizando o pé esquerdo. Para os psitacídeos, seria desvantajoso expressar inclinações motoras laterais desde os primeiros dias de vida, antes de mostrar autossuficiência termorregulatória e controle motor autônomo, já que nesse período

eles são exclusivamente dependentes da mãe, sendo a função dela carregar os filhotes para o centro do ninho (SNYDER; BONNER, 2001).

O desenvolvimento ontogenético da lateralidade é um tema relevante sob o ponto de vista da compreensão dessa característica, que poderia auxiliar a desvendar suas bases evolutivas. No entanto, fica evidente a lacuna existente quanto a esse tópico, já que foi encontrado um único estudo sobre o tema (SNYDER; BONNER, 2001).

3.6. Bases neurais da lateralidade

O cérebro dos psitacídeos possui uma região mais robusta dentro do telencéfalo chamada sub pálio, essa região é responsável pela alimentação, reprodução, movimento voluntário, comportamentos agonísticos relacionados ao estresse, recompensa, memória e aprendizado (KAPLAN; ROGERS, 2021). Outra região importante no sistema nervoso dessas aves é o nidopálio, semelhante ao córtex nos humanos, o qual é dividido em sub-regiões: nidopálio caudal, caudocentral, caudomedial e caudolateral (KAPLAN; ROGERS, 2021). O nidopálio caudolateral é equivalente ao córtex pré-frontal em mamíferos, e desempenha um papel importante para o controle cognitivo de funções como tomada de decisões, sistema de recompensas e *footedness* (KAPLAN; ROGERS, 2021).

Em seu estudo, Kaplan e Rogers (2021) investigaram se a preferência pelo uso de um membro específico está associada ao tamanho do nidopálio em 16 espécies de psitacídeos australianos. Os resultados mostraram que quanto maior for o tamanho corporal, maior a força de preferência do pé e esse achado podem estar relacionados ao fato de que animais maiores se alimentam de sementes maiores, ou seja, necessitam de uma manipulação maior e alta eficiência na relação pé e olho (BROWN; MAGAT, 2011b). Uma correlação positiva entre a força de preferência dos pés e massa encefálica também foi encontrada, e essa relação reflete no controle hemisférico contralateral ao pé preferido, para maior aproveitamento das funções

desse hemisfério (KAPLAN; ROGERS, 2021). Ainda relacionado a esse resultado, psitacídeos maiores possuem mais massa encefálica e neurônios, o que gera uma maior capacidade de processamento das informações ou capacidade cognitiva. Por fim, psitacídeos com regiões nidopaliais proporcionalmente maiores expressam preferência pelo pé esquerdo (KAPLAN; ROGERS, 2021).

4 Conclusão

Ao longo dessa revisão sistemática, foi revisada a literatura existente a respeito da lateralidade em Psitacídeos, envolvendo aspectos filogenéticos, comportamentais, ecológicos, neuroanatômicos, ontogenéticos e cognitivos. Houveram poucos trabalhos incluindo as espécies latino-americanas, visto que espécies de outros continentes possuem dados datados de 30 anos atrás, demonstrando uma falta de estudos com outras espécies desse grupo. Há também uma lacuna de dados relacionados a aspectos de temperamento e como a lateralidade pode estar envolvida com a personalidade de cada indivíduo. Assim, esse é um campo promissor para pesquisas futuras que envolvam tanto aspectos básicos quanto aplicados, permitindo uma melhor compreensão da lateralidade e suas relações com outros fenômenos da vida dos membros da família Psittacidae.

REFERÊNCIAS

ANFORA, G., FRASNELLI, E. M., MACCAGNANI, B., ROGERS, L. J., VALLORTIGARA, G. Behavioural and electrophysiological lateralization in a social (*Apis mellifera*) but not in a non-social (*Osmia cornuta*) species of bee. **Behavioural Brain Research**, v. 206, n. 2, p. 236-239, 2010.

BERG, M. L., MICALLEF S. A., EASTWOOD, J. R., RIBOT, R. F., BENNET, A. T. Spatial and temporal patterns of lateralization in a parrot species complex. **Evolutionary Ecology**, v. 34, n. 5, p. 789-802, 2020.

BROWN, C., MAGAT, M. The evolution of lateralized foot use in parrots: a phylogenetic approach. **Behavioral Ecology**, v. 22, n. 6, p. 1201-1208, 2011a.

BROWN, C., MAGAT, M. Cerebral lateralization determines hand preferences in Australian parrots. **Biology Letters**, v. 7, n. 4, p. 496-498, 2011b.

COHEN Jr., M. Perspectives on asymmetry: The Erickson lecture. **American Journal of Medical Genetics Part A**, v. 158, n. 12, p. 2981-2998, 2012

COIMBRA, J. P., COLLIN, S. P., HART, N. S. Topographic specializations in the retinal ganglion cell layer correlate with lateralized visual behavior, ecology, and evolution in cockatoos. **Journal of Comparative Neurology**, v. 522, n. 15, p. 3363-3385, 2014.

CUSSEN, V. A., MENCH, J. A. Performance on the Hamilton search task, and the influence of lateralization, in captive orange-winged Amazon parrots (*Amazona amazonica*). **Animal Cognition**, v. 17, n. 4, p. 901-909, 2014.

D'ANTONIO-BERTAGNOLLI, A. J., ANDERSON, M. J. Lateral asymmetry in the freely occurring behaviour of budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) and its relation to cognitive performance. **Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition**, v. 23, n. 3, p. 344-363, 2018.

DEMERY, Z. P., CHAPPELL, J., MARTIN, G. R. Vision, touch and object manipulation in Senegal parrots *Poicephalus senegalus*. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1725, p. 3687-3693, 2011.

DUGGAN, M. R., BUCKLEY, D. P., ANDERSON, M. J. Investigating laterality in the freely occurring behaviours of Budgerigars. **South Australian Ornithologist**, v. 42, n. 1, 2016.

EMERY, N. J. The evolution of avian intelligence. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 361, p. 23-43, 2006.

GODINHO, L., MARINHO, Y., BEZERRA, B. Performance of blue-fronted amazon parrots (*Amazona aestiva*) when solving the pebbles-and-seeds and multi-access-box paradigms: ex situ and in situ experiments. **Animal Cognition**, v. 23, n. 3, p. 455-464, 2020.

GRIFFIN, D. R., SPECK, G. B. New evidence of animal consciousness. **Animal Cognition**, v. 7, n. 1, p. 5-18, 2004.

HARRIS, L. J. Footedness in parrots: three centuries of research, theory, and mere surmise. **Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie**, v. 43, n. 3, p. 369, 1989.

IWANIUK A. N., DEAN K. M., NELSON J. E. Interspecific allometry of the brain and brain regions in parrots (Psittaciformes): comparisons with other birds and primates. **Brain Behavior Evolution**, v. 65, p. 40-59, 2005.

KACELNIK, A. et al. Cognitive adaptations for tool-related behaviour in New Caledonian crows. *Comparative cognition: Experimental explorations of animal intelligence*, p. 515-528, 2006.

KAPLAN, G., ROGERS, L. J. Brain size associated with foot preferences in Australian parrots. *Symmetry*, v. 13, n. 5, p. 867, 2021.

KARIM A. R., PROULX M. J, LIKOVA L. T. Anticlockwise or clockwise? A dynamic Perception-Action-Laterality model for directionality bias in visuospatial functioning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 68, p. 669-693, 2016.

LIPPOLIS, G., BISAZZA, A., ROGERS, L. J., VALLORTIGARA, G. Lateralization of predator avoidance responses in three species of toads. *Laterality*, v. 7, p. 163-183, 2002

MAGAT, M., BROWN, C. Laterality enhances cognition in Australian parrots. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 276, n. 1676, p. 4155-4162, 2009.

PEPPERBERG, I. M. 'Insightful' string-pulling in grey parrots (*Psittacus erithacus*) is affected by vocal competence. *Animal Cognition*, v. 7, p. 263-266, 2004.

RANDLER, C., BRAUN, M., LINTKER, S. Foot preferences in wild-living ring-necked parakeets (*Psittacula krameri*, Psittacidae). *Laterality*, v. 16, n. 2, p. 201-206, 2011.

REGAIOLLI

REGAIOLLI, B., BOLCATO, S., OTTOLINI, G., VALLORTIGARA, G., PIEVANI, D., SPIEZIO, C. Preliminary investigation of foot preference for a string-pulling task in zoo macaws. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 238, p. 105307, 2021

ROGERS, L. J.; ANSON, J. M. Lateralisation of function in the chicken fore-brain. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, v. 10, n. 5, p. 679-686, 1979.

ROGERS, L. J. Development and function of lateralization in the avian brain. **Brain Research Bulletin**. v.76, p.235-244, 2008

ROGERS, L. J. The two hemispheres of the avian brain: their differing roles in perceptual processing and the expression of behavior. **Journal of Ornithology**, v. 153, n. 1, p. 61-74, 2012.

ROGERS, L. J. A matter of degree: strength of brain asymmetry and behaviour. **Symmetry**, v. 9, n. 4, p. 57, 2017.

SCHIFFNER, I., SRINIVASAN, M. V. Behavioural lateralization in Budgerigars varies with the task and the individual. **PloS one**, v. 8, n. 12, p. e82670, 2013.

SNYDER, P. J., HARRIS, L. J. Lexicon size and its relation to foot preference in the African grey parrot (*Psittacus erithacus*). **Neuropsychologia**, v. 35, n. 6, p. 919-926, 1997.

SNYDER, P. J., BONNER, J. A. Postnatal development of lateralized motor preference in the African grey parrot (*Psittacus erithacus*). **Brain and Cognition**, v. 46, n. 1-2, p. 276-279, 2001

VALLORTIGARA, G.; ROGERS, L. Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cerebral lateralization. **Behavioral and Brain Sciences**, v. 28, p. 575-633, 2005.

WIPER, M. L. Evolutionary and mechanistic drivers of laterality: a review and new synthesis. **Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition**, v. 22, n. 6, p. 740-770, 2017.