

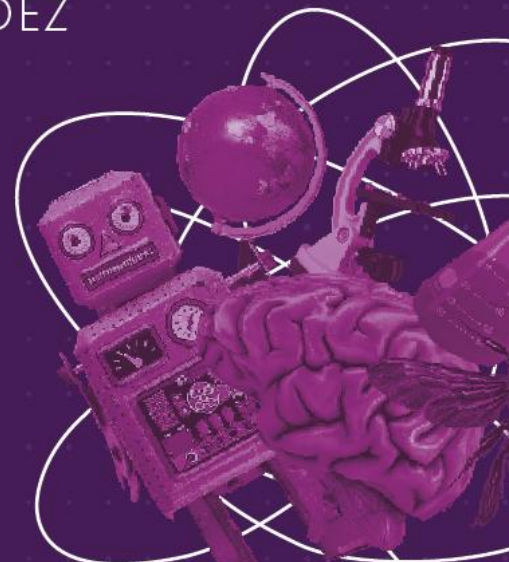
O PERFIL IMUNOLÓGICO DE INDIVÍDUOS DA CHOCA-DE-ASA-VERMELHA (*Thamnophilus torquatus*) É DEPENDENTE DE CONDIÇÃO?

Professor orientador: Dr. Raphael Igor Dias

Aluna: Luana Guimaraens Beze

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 10 Nº 1- JAN/DEZ
2024



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

LUANA GUIMARAENS BEZE

**O PERFIL IMUNOLÓGICO DE INDIVÍDUOS DA CHOCA-DE-ASA-VERMELHA
(*Thamnophilus torquatus*) É DEPENDENTE DE CONDIÇÃO?**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pesquisa e Extensão.

Orientação: Dr. Raphael Igor Dias

**BRASÍLIA
2025**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer imensamente ao meu professor e orientador, Raphael Igor Dias que me auxiliou durante todo o processo. Agradeço também às minhas parceiras de pesquisa Ana Beatriz Machado e Ana Maria Angelo, que tornaram as experiências de campo melhores ainda. Por fim, agradeço, às instituições envolvidas, que apoiaram a pesquisa: Centro Universitário de Brasília (CEUB) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

O sistema imunológico dos animais desempenha um papel fundamental na manutenção da homeostase, sendo o estresse e doenças fatores que podem alterar a concentração dos tipos de leucócitos no sangue. Um biomarcador comumente utilizado para avaliar o estresse imunológico em aves é a razão entre o número de heterófilos e linfócitos. Também é possível inferir a saúde dos indivíduos a partir da sua condição corporal. É comum que variações nesses parâmetros interfiram na atividade vocal, como a taxa de vocalização, tornando possível inferir o status de saúde e qualidade do indivíduo com a observação desse comportamento. Os objetivos desta pesquisa foram caracterizar o perfil leucocitário da espécie choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*), determinar se há relação entre a taxa de vocalização territorial, a condição corporal e a condição imunológica (contagem diferencial de leucócitos) nos indivíduos e analisar diferenças entre os sexos para esses parâmetros. O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas, onde os indivíduos foram capturados com redes de neblina. As aves capturadas foram marcadas com uma combinação única de anilhas coloridas, para posterior monitoramento comportamental. Foram registrados dados morfológicos e coletada amostra de sangue de cada indivíduo. Foi observado que a quantidade de monócitos apresentou relação positiva com a condição corporal, enquanto a quantidade de linfócitos apresentou relação negativa, demonstrando que a imunologia na choca-de-asa-vermelha é dependente de condição. As fêmeas possuem maior concentração de eosinófilos em seu sangue circulante, como o observado em outras espécies, provavelmente devido à ação do estrogênio. Os leucócitos mais encontrados foram linfócitos e heterófilos, respectivamente. Os machos possuem o tamanho da asa maior se comparado às fêmeas, e também vocalizam em uma maior frequência, demonstrando maior papel na territorialidade. No entanto, nenhum dos parâmetros analisados influenciou a taxa de vocalização.

Palavras-chave: comportamento; imunologia; leucócitos; Passeriformes; vocalização.

SUMÁRIO

1	Introdução	5
2	Fundamentação teórica	7
3	Métodos	10
4	Resultados e discussão	12
5	Considerações finais	25
	REFERÊNCIAS	26
	APÊNDICES	35

1 Introdução

O sistema imunológico dos animais desempenha um papel fundamental na manutenção da homeostase, iniciando uma cascata de reações inflamatórias em resposta a distúrbios internos ou externos (Ghosh, 2022). Esta resposta é caracterizada pela dilatação de arteríolas e vênulas e pelo subsequente recrutamento de leucócitos para o tecido afetado, o que resulta no aumento do fluxo sanguíneo e da concentração de plasma rico em proteínas na área (Kono; Rock, 2008). Em aves, a resposta imune pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo estresse, infecções por patógenos, mudanças de temperatura, migração, sexo e hierarquia social (Gross e Siegel, 1983; Harmon, 1998; Krams et al., 2011; Jax et al., 2021).

Estudos anteriores indicam que o estresse e doenças podem alterar significativamente a quantidade de células de defesa no sangue, um indicador chave da condição imunológica em aves (Gross; Siegel, 1983; Harmon, 1998; Jax et al., 2021). Um biomarcador comumente utilizado para avaliar o estresse imunológico em aves é a razão entre o número de heterófilos e linfócitos, onde um aumento nos heterófilos em relação aos linfócitos sugere um aumento do estresse imunológico (Davis et al., 2008). Tal medida se mostrou como uma das melhores para medir o estresse em aves por ser um real indicador do grau de inflamação fisiológico nos indivíduos (Huff et al., 2007). Juntamente, a contagem diferencial de leucócitos é importante para determinar a saúde dos animais, pois podem demonstrar aumento ou diminuição no número de cada tipo de célula do sistema imune a depender de infecções bacterianas, presença de hemoparasitas, idade, entre outros parâmetros (Hegemann et al., 2013; Hernández e Margalida, 2010).

Também é possível inferir a saúde dos indivíduos a partir da sua condição corporal. O princípio de Handicap hipotetiza que, ao longo da evolução, a seleção sexual de fêmeas sobre os machos pressiona para que estes tenham características sexualmente selecionadas cada vez maiores, sendo mais custosas energeticamente do que as demais características, o que indica boa qualidade genética, ambiental e maior aptidão ou “fitness”, e existem diversos estudos que dão suporte a essa ideia (Cotton et al., 2004). Além disso, a escolha feita pela fêmea na seleção sexual e a característica sexualmente selecionada no macho podem depender de suas próprias respectivas condições, tendo assim a condição dos indivíduos um papel na evolução da espécie ao longo do tempo (Cotton et al., 2006). Dito isso, condição corporal pode ser definida como sendo a habilidade de manter os processos celulares essenciais funcionando corretamente e de resistir a desafios ambientais (Hill, 2011). Por outro lado, uma característica dependente de condição é um traço perceptível de um organismo, da qual a expressão varia de acordo com a capacidade do indivíduo de resistir aos desafios (Hill, 2011). Tal parâmetro pode estar diretamente relacionado à razão entre heterófilos e linfócitos, e também à concentração de diferentes tipos de leucócitos tanto para indivíduos adultos quanto para filhotes (Deem et al., 2011; Palacios et al., 2009). Além disso, a condição corporal influencia diretamente o comportamento, podendo impactar

o forrageamento, a fuga de predadores, e a comunicação vocal das aves (Powell et al., 2015; Laiolo et al., 2004; Hao et al., 2023). Desse modo, características como o número e estrutura das vocalizações podem indicar, em algum grau, a saúde fisiológica do indivíduo tanto para competidores intraespecíficos quanto para possíveis parceiros reprodutivos (Gilman et al., 2007). Há registros de que características vocais, como frequência e duração das sílabas, possam fornecer informações a respeito da condição corporal e tamanho dos animais, podendo contribuir para uma seleção sexual que favoreça certo padrão vocal e tamanho do parceiro (Favaro et al., 2017; Miyazaki e Wass, 2003). A taxa de vocalização individual também pode indicar a condição imunológica, sendo influenciada pela concentração de leucócitos e fornecendo informações para os demais indivíduos a respeito da saúde e status imunológico do animal em questão (Saino et al., 1997). Além disso, comportamentos vocais exigem um certo custo metabólico de oxigênio que varia entre as espécies e, portanto, espera-se que indivíduos mais saudáveis e com melhores condições corporais apresentem maiores taxas de vocalização (Oberweger e Goller, 2001).

A choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*) é uma espécie Neotropical pertencente à família Thamnophilidae, distribuída em várias regiões do Brasil, Bolívia e Paraguai (Zimmer e Isler, 2020). Habitante de biomas como Cerrado, campos rupestres e restingas, essa ave demonstra uma forte territorialidade, com casais defendendo suas áreas durante todo o ano (Rodrigues, 2008; Mathias e Duca, 2016; Teixeira, Xerfan-Colares; Dias, 2023). Esta pesquisa visou aprofundar a compreensão sobre como as variáveis imunológicas, como a razão heterófilo/linfócito e a contagem total de células de defesa, estão associadas a medidas de qualidade individual como a condição corporal e a intensidade da defesa territorial na choca-de-asa-vermelha. Através dessa abordagem, pretendemos identificar algumas características fenotípicas que podem servir como sinalizadores honestos da qualidade individual, integrando perspectivas de imunologia e comportamento animal.

A pesquisa teve como objetivo principal investigar a associação entre resposta imunológica e diferentes fatores físicos e comportamentais na choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*), além de também caracterizar o perfil imunológico dos indivíduos; investigar a relação entre os diferentes parâmetros do perfil imunológico, com a condição corporal e a intensidade da defesa territorial; além de avaliar a ocorrência de diferenças imunológicas entre machos e fêmeas da espécie.

2 Fundamentação teórica

A compreensão dos processos imunológicos em aves é fundamental para elucidar suas estratégias adaptativas e respostas comportamentais (Drzewinska-Chanko et al., 2021). A contagem de leucócitos em aves tem sido utilizada como um indicador de resposta imunológica e vem sendo relacionado à fatores como presença de parasitas (Palinauskas et al., 2020), variações na condição individual (Roncalli et al. 2020) e a diferentes momentos na ecologia das espécies (da Silva et al., 2021). Heterófilos, que são praticamente equivalentes aos neutrófilos em mamíferos, desempenham um papel crucial nas respostas imunológicas primárias, sendo as primeiras células de defesa recrutadas durante inflamações, com um aumento significativo em sua contagem dentro das primeiras 6 a 12 horas de um evento inflamatório (Jortner; Adams, 1971). Essas células, junto com os linfócitos, que também variam de acordo com a condição imunológica, formam um indicador biométrico que pode ser utilizado para avaliar a saúde geral e o estresse dos animais (Vila, 2013; Ribeiro et al., 2022).

Os valores de referência de leucócitos no sangue das aves podem variar de acordo com a espécie, população, fatores genéticos, sexo, idade, estação do ano, entre outros. Porém, no geral, sabe-se que cerca de 70% dos leucócitos das aves são linfócitos e/ou heterófilos (de Koker et al 2021; Valdebenito et al., 2021; Clark et al., 2009). Por exemplo, estudos que avaliaram a diferença na contagem diferencial de leucócitos entre machos e fêmeas concluíram que, no Gavião real (*Harpia harpyja*), as fêmeas possuem mais heterófilos, basófilos e eosinófilos circulantes (Oliveira et al., 2014). Já foi demonstrado também que a idade afeta os valores de referência de leucócitos, como no Abutre-barbado (*Gypaetus barbatus*), na qual indivíduos jovens possuem menos linfócitos e heterófilos circulantes (Hernández e Margalida, 2010), e na Andorinha-das-árvores (*Tachycineta bicolor*), na qual os mais novos dependem mais da resposta imune inata se comparada a resposta imune adquirida (Palacios et al., 2009). Nas aves, um aumento do número de heterófilos circulantes no sangue (heterofilia) pode ser causado por estresse fisiológico, estresse crônico, ou inflamação, e um número aumentado de linfócitos no sangue (linfocitose), é indicativo de doença infecciosa (Skwarska 2019). Já um número de linfócitos diminuído (linfopenia) ocorre em algumas infecções virais, e quando há excesso de corticosteróides, sendo que, a linfopenia somada a heterofilia é um indicativo de estresse (Harmon, 1998). Diante disso, a razão entre heterófilos e linfócitos, tem sido amplamente usada em pesquisas para determinar a condição de estresse e saúde em aves, revelando-se um biomarcador confiável de estresse social e fisiológico (Gross e Siegel, 1983; Dias et al., 2015; Jax et al., 2021). Redução no tempo de forrageamento e no número de interações sociais são frequentemente observados em aves com altos níveis de estresse ou doença (Owen; Wingfield, 2007). Diferentes estudos observaram que o número de leucócitos pode estar relacionado a características fenotípicas nos animais, sinalizando traços que indicam saúde (Ruhs et al., 2019). Um estudo realizado com o cardeal-do-pantanal (*Paroaria capitata*), por exemplo, demonstrou que a razão heterófilo/linfócito estava associada a coloração da

cabeça dos animais. Animais mais saudáveis, ou seja, com menores valores de heterófilo/linfócito no sangue, apresentaram a cabeça mais avermelhada, enquanto aqueles com maior nível de heterófilo/linfócito tinham a cabeça mais desbotada (Dias et al., 2015). Sabe-se que colorações avermelhadas são, em geral, produzidas pela deposição de carotenoide nas penas, sendo que o carotenoide é obtido da dieta e apresenta importante função imunológica (Lucas et al 2014; Leclaire et al., 2015). Estudos em várias espécies demonstraram que as características sexuais secundárias, que muitas vezes dependem da deposição de pigmentos como os carotenoides, podem sinalizar eficientemente o status imunológico aos potenciais parceiros, facilitando assim a seleção sexual baseada em sinais de saúde visíveis e honestos (Lozano, 1994; Faivre et al., 2003). Dito isso, infecções por patógenos podem estar relacionadas com a atividade vocal dos animais, como concluído por Lopez-Serna et al., 2021, que observou que indivíduos da espécie Tico-tico-cantor (*Arremonops conirostris*) com maior parasitemia apresentaram maior desvio da performance vocal média da população, podendo tal característica servir como um indicativo honesto de saúde e infecção para as fêmeas na hora de selecionar um parceiro. Da mesma forma, infecções por *Plasmodium* spp. e *Leucocytozoon* spp. influenciaram parâmetros vocais em machos da espécie Tico-tico-de-coroa-branca (*Zonotrichia leucophrys*, Gilman et al., 2007). Já foi demonstrado também que a taxa de vocalização dos machos na espécie Andorinha-de-chaminé (*Hirundo rustica*) está relacionada a parâmetros hematológicos e, conseqüentemente, com o status de saúde dos indivíduos, trazendo para a fêmea um indicativo confiável de qualidade do seu possível parceiro (Saino et al., 1997). Similar a essa, uma pesquisa feita com machos do Galo-banquiva (*Gallus gallus*) demonstrou que parâmetros acústicos podem fornecer informações a respeito do tamanho do indivíduo e da sua saúde, como infecções parasitárias, também fornecendo informações para parceiras (Hao et al., 2023). Visto que a vocalização é uma característica sexual secundária que tem um certo custo metabólico, é plausível que esta atividade forneça informações a respeito da saúde e qualidade dos indivíduos para um possível parceiro reprodutivo (Oberweger; Goller, 2001).

A condição corporal das aves, refletida pela sua reserva energética, é também um parâmetro crítico associado à saúde e ao sucesso reprodutivo (Hovinen et al., 2019). Este aspecto pode ser avaliado através de múltiplas métricas, que vão desde medidas morfológicas diretas até análises fisiológicas mais complexas, como a quantificação de metabólitos lipídicos ou níveis de glicose no plasma (Anteau; Afton, 2008; Labocha; Hayes, 2011). A condição corporal não só informa sobre a saúde imediata, mas também sobre a capacidade do indivíduo de enfrentar desafios ambientais, como escassez de recursos ou condições climáticas adversas (Labocha; Hayes, 2011; Azeredo et al., 2016). Por exemplo, um estudo feito com fêmeas de pato-real (*Anas platyrhynchos*) demonstrou uma forte relação entre a condição corporal dos indivíduos e a sobrevivência das mesmas, principalmente durante o inverno, concluindo que a sobrevivência da fêmea com a maior condição corporal estimada foi mais de duas vezes

maior a daquela com a menor condição corporal estimada (Davis et. al, 2011). Além disso, a atividade vocal pode fornecer informações sobre condição corporal para predadores, como observado na Calhandrinha-das-marismas (*Calandrella rufescens*), concluindo que a resposta imune mediada por células T e a condição corporal dos indivíduos relacionam-se positivamente com a “aspereza” do grito de agonia, indicando ao predador o status de saúde e habilidade de escapar de sua presa (Laiolo et al., 2004).

Por outro lado, a relação entre a resposta imunológica e a condição corporal já foi demonstrada para diferentes espécies (Bowers et al., 2014). Uma pesquisa feita com o verdelho (*Carduelis chloris*) investigou a relação entre medidas de condição fenotípica baseada na plumagem dos machos e o potencial imunológico de combate a doenças virais (Lindstrom; Lundstrom, 2000). Os autores demonstraram que os machos em melhores condições apresentaram um combate mais rápido à infecção viral e produziram mais anticorpos contra o patógeno, sugerindo que a ornamentação da plumagem funciona como um indicativo honesto de qualidade, condição e imunidade. Em outro estudo realizado com o melro-preto (*Turdus merula*) os resultados demonstraram que a coloração do bico estava associada à condição imunológica dos indivíduos, machos com infecções parasitárias apresentaram uma coloração do bico mais clara, revelando sua condição de baixa imunidade visualmente (Faivre et al., 2003). Diferenças imunológicas também podem ser observadas entre os sexos, podendo estar relacionadas às especificidades comportamentais de cada sexo (Valdebenito et al., 2021). No chapim-real (*Parus major*), por exemplo, um estudo demonstrou que a condição corporal era menor e a razão entre heterófilo/linfócito maior em fêmeas se comparadas aos machos (Krams et al., 2011), e outro observou também nas fêmeas um maior número heterófilos circulantes além da maior razão H/L, sugerindo maiores níveis de glucocorticóides (Meer e Oers, 2015). O motivo para as diferenças imunológicas está relacionado à estrutura social complexa baseada em definições de hierarquia na espécie, que afeta a disponibilidade e consumo de recursos (Krams et al., 2011). Na maioria das espécies da família *Thamnophilidae*, tanto os machos quanto as fêmeas defendem o território (Mathias; Duca, 2016), portanto é possível que a diferença na resposta imunológica não seja tão grande entre os sexos.

3 Métodos

Área de estudo:

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), localizada no Distrito Federal, região de Planaltina. Esta reserva ecológica possui uma extensão de 10.547 hectares e é caracterizada por apresentar uma diversidade de fisionomias do bioma Cerrado. Reconhecida internacionalmente, a ESECAE foi o primeiro local da América Latina a receber o Escudo de Água e Patrimônio do Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS-Holanda), destacando sua importância tanto ecológica quanto hídrica (Brasília Ambiental, 2018; Instituto do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Distrito Federal, 2020).

Procedimentos gerais:

Os indivíduos foram capturados com redes de neblina abertas em cada território identificado. Foram montadas no mínimo uma e no máximo três redes de neblina (12 x 3m, com malha de 15mm) na área que estava sendo amostrada. As redes foram, usualmente, abertas no início da manhã (antes das 6h) e permaneceram abertas até às 10h ou até a captura do dono do território. Durante esse período as redes foram monitoradas a cada 20 minutos, podendo o tempo ser reduzido para 15 minutos em dias mais quentes. Os animais foram retirados da rede utilizando o método tradicional “patas primeiro” (Redfern e Clark 2001). Após retirados da rede, os animais foram acondicionados em sacos de algodão limpos. Durante a etapa de marcação e registro de informações morfológicas, os indivíduos foram contidos manualmente pelo pesquisador responsável pelo projeto (prof. Raphael Igor Dias). Foi utilizada uma balança de mola (30g, Pesola®) para estimar a massa corporal dos indivíduos, em gramas, e foi utilizado um paquímetro (precisão 0,02 mm; Vonder®) para medir tarso, asa, narina e cauda. Adicionalmente, amostras sanguíneas foram coletadas através de uma punção na veia ulnar. Uma gota de sangue foi utilizada para a realização de um esfregaço em uma lâmina que foi fixada com metanol. Por fim, cada ave recebeu uma combinação única de quatro anilhas coloridas para identificação individual antes de serem liberadas. Todo esse procedimento tinha duração máxima de aproximadamente 10 minutos. Posteriormente (em outros dias), os indivíduos marcados foram localizados em campo e monitorados. Foi utilizado o método de amostragem animal focal (Altmann, 1974) com duração de 5 minutos para quantificar o número de vocalizações territoriais produzidas pelos indivíduos (Barrero et al., 2023).

Contagem de leucócitos:

As lâminas produzidas em campo foram coradas o método May-Grünwald-Giemsa (Piaton et al., 2015) em laboratório. Foi realizada a contagem diferencial de

células brancas examinando um total de 100 leucócitos por lâmina (Dein 1984) em um microscópio óptico com aumento de 1000x e óleo de imersão. Os leucócitos foram classificados em cinco tipos: linfócitos, heterófilos, eosinófilos, basófilos e monócitos. foi calculada a razão entre heterófilos e linfócitos (H/L), uma medida tradicional de estresse em aves (Gross; Siegel, 1983, Maxwell, 1993).

Análises estatísticas:

Os valores para a contagem de leucócitos foram apresentados de maneira descritiva na forma de média \pm desvio padrão. Como medida de condição corporal, foram utilizados os resíduos da regressão entre a massa corporal e o tarso dos indivíduos. Para avaliar os efeitos do sexo, da condição corporal e da intensidade da defesa territorial na resposta imunológica, foram ajustados modelos lineares gerais e generalizados. Foram utilizadas como variáveis resposta a razão entre heterófilos e linfócitos e os scores de uma análise de componentes principais (PCA) da contagem diferencial de leucócitos. Para a regressão linear entre a condição corporal e a razão entre heterófilos e linfócitos, os valores da razão H/L foram transformados em logaritmo natural para que os dados atingissem normalidade. Para avaliar diferenças entre machos e fêmeas na contagem diferencial de leucócitos, na taxa de vocalização, na condição corporal e nas medidas morfológicas foram usados o teste t de Student ou o teste de Mann-Whitney, caso a premissa da normalidade tenha sido violada. Foi utilizada a função `lm` do pacote *stats* para os modelos lineares. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Development Core Team 2025).

4 Resultados e discussão

Contagem geral de leucócitos e comparação com outras espécies

Foram analisadas 71 lâminas, sendo 48 machos e 23 fêmeas. Na contagem diferencial de leucócitos, o tipo de célula mais encontrado foi o linfócito, seguido de heterófilo, monócito, eosinófilo e basófilo, respectivamente (Tabela 2). Em duas lâminas de fêmeas, foram encontrados parasitas sanguíneos (microfilárias; Figura 1), sendo que uma delas foi a que apresentou o maior valor da razão entre heterófilos e linfócitos (H/L) e uma elevada quantidade de monócitos. Fotos dos leucócitos da choca-de-asa-vermelha podem ser encontradas no apêndice A.

As proporções encontradas entre os diferentes tipos de leucócitos para os 27 indivíduos analisados (Tabela 1) seguem parcialmente o padrão observado no estudo feito com o passeriforme andorinha-de-bando (*Hirundo rustica*), que também encontrou linfócitos em maior concentração na contagem, seguido de heterófilos. No entanto, diferentemente do encontrado na choca-de-asa-vermelha, os monócitos foram o tipo de célula em menor concentração, seguido de eosinófilos e basófilos, respectivamente (Saino et al., 1997). O mesmo foi observado em outra pesquisa feita com a andorinha-de-árvore (*Tachycineta bicolor*), que também apresentou linfócitos e heterófilos como as células em maior concentração, porém os monócitos foram os menos encontrados, seguidos de basófilos e eosinófilos, respectivamente (Palacios et al., 2009). Os valores da contagem diferencial de leucócitos da choca-de-asa-vermelha se assemelham em parte ao encontrado em outros passeriformes, como no soldadinho (*Antilophia galeata*), na calhandra-de-dupont (*Chersophilus duponti*), e no estorninho-preto (*Sturnus unicolor*). No soldadinho, foram encontrados os valores médios de 30,8% ± 36,0%; 37,2% ± 65,1%; 1,11% ± 2,45%; 4,05% ± 11,7%; 2,66% ± 7,61%; e 1,54 ± 4,93 para linfócitos, heterófilos, basófilos, monócitos, eosinófilos e razão H/L, respectivamente (Ribeiro et al., 2020). O percentual de linfócitos, heterófilos, basófilos, monócitos, eosinófilos e a razão entre heterófilos e linfócitos em duas populações de calhandras-de-dupont (uma na Espanha e uma em Marrocos) foram, respectivamente, de 43% ± 20%; 32% ± 17%; 1% ± 1%; 6% ± 6%; 19% ± 16%; e 1,11 ± 1,18 para a população espanhola, e de 73 ± 20; 24 ± 20; 1%; 1%; 1%; e 0,52 ± 0,74 para a população marroquina (Rosa et al., 2022). Já no estorninho-preto, as médias de linfócitos, heterófilos, basófilos, monócitos e eosinófilos encontradas foram, respectivamente, 41,62%; 42,39%; 0,95%; 6,57%, e 8,47% (Muriel et al., 2021). O perfil imunológico da choca-de-asa-vermelha se parece mais com a população marroquina de calhandra-de-dupont (*Chersophilus duponti*), considerando as médias de linfócitos, heterófilos, e razão H/L, porém apresenta uma média maior de monócitos se comparado às três espécies apresentadas. A choca apresenta porcentagem de eosinófilos similar ao soldadinho (*Antilophia galeata*), apesar de possuir mais linfócitos e monócitos, e menos heterófilos que essa espécie. A porcentagem de basófilos encontrada é bem baixa, estando próximo ao

encontrado para as três espécies de passeriforme. Já a razão H/L encontrada é menor se comparado à população espanhola de *Chersophilus duponti*, e às espécies *Antilophia galeata* e *Sturnus unicolor*, devido à maior quantidade de linfócitos e menor quantidade de heterófilos encontrada. Pelo fato de a pesquisa com o soldadinho também ter sido realizada no Brasil em um fragmento de Cerrado (Ribeiro et al., 2020), poderia se esperar que a choca-de-asa-vermelha apresentasse valores de leucócitos similares a este, porém tais valores podem variar bastante entre espécies. Apesar das pequenas diferenças apresentadas, os valores imunológicos da choca-de-asa-vermelha seguem o padrão da maioria das espécies de aves, de os leucócitos mais encontrados serem linfócitos e heterófilos (Clark et al., 2009).

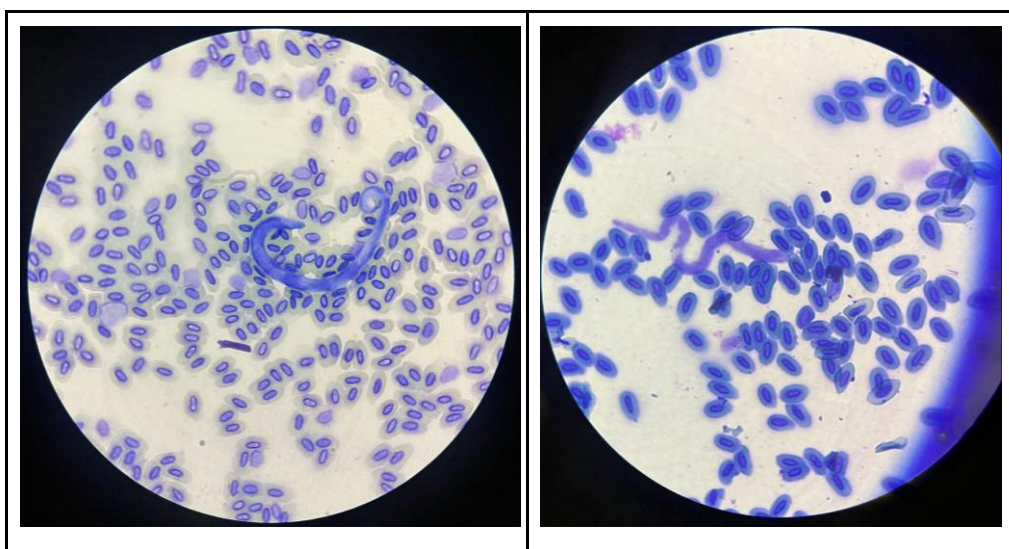


Figura 1. Parasitas sanguíneos (microfilárias) encontrados na choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*).

Tabela 2 - Estatísticas descritivas referente a proporção média de leucócitos encontrados em esfregaços sanguíneos de choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*)

Tipo de leucócito	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Linfócito (%)	61,71	19,12	17	99
Heterófilo (%)	19,57	17,08	0	60
Monócito (%)	10,92	10,16	0	50
Eosinófilo (%)	3,19	4,48	0	21
Basófilo (%)	0,31	0,61	0	3
Razão H/L	0,429	0,597	0,00	2,235

Diferenças entre machos e fêmeas na contagem diferencial de leucócitos:

Na análise das componentes principais usando os valores da contagem diferencial de leucócitos, a primeira componente (PC1) explicou 39,01% da variância, estando negativamente carregado por linfócitos e positivamente carregado por heterófilos e monócitos. A segunda componente (PC2) explicou 28,69% da variância, estando negativamente carregado por monócitos e positivamente carregado por heterófilos. Juntas, as duas componentes explicaram 67,7% da variância. Na comparação dos valores imunológicos entre sexos, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nas duas componentes (PC1; $t = 0,931$ $P = 0,357$ e PC2; $t = -1,294$ $P = 0,202$) ou na contagem de linfócitos, heterófilos, monócitos e basófilos ($t = -0,644$ para linfócitos e $W < 665,5$ para os demais; $P > 0,083$) entre os sexos. Houve diferença significativa na contagem de eosinófilos ($W = 716$; $P = 0,014$) entre os sexos, com as fêmeas apresentando maior contagem. Similarmente, não houve diferença sexual na razão H/L entre machos e fêmeas ($W = 530$; $P = 0,9849$; Figura 2) .

Machos e fêmeas da choca-de-asa-vermelha parecem apresentar diferenças significativas na contagem diferencial de leucócitos apenas para eosinófilos, sendo os demais parâmetros hematológicos analisados similares para ambos os sexos. Tal resultado se assemelha parcialmente com o encontrado em outras espécies de aves, como o gavião real (*Harpia harpyja*), no qual as fêmeas também apresentam um maior número relativo e absoluto de eosinófilos, porém também possuem maior número relativo e absoluto de basófilos e maior número relativo de heterófilos, enquanto os machos possuem maior número relativo e absoluto de linfócitos (Oliveira et al., 2014). Já no passeriforme chapim-real (*Parus major*), também foram encontrados resultados parcialmente similares, pois machos e fêmeas não apresentaram diferenças significativas na contagem diferencial de leucócitos inicialmente, porém, após um experimento de socialização com outros indivíduos, as fêmeas apresentaram uma maior razão H/L e maior contagem de heterófilos se comparado aos machos. Segundo os autores, essa diferença está possivelmente relacionada ao número de interações realizadas pelos animais (Meer e Oers, 2015). Outra pesquisa, feita também com um passeriforme do Cerrado, encontrou maior proporção de linfócitos nos machos se comparados às fêmeas, porém as demais células não diferiram em número entre os sexos (Ribeiro et al., 2020).

Geralmente, as fêmeas tendem a apresentar respostas imunes em maior grau que os machos, tanto pelo fato de a testosterona ser, em geral, um hormônio com efeito imunossupressivo, quanto pelo estrogênio ter efeito positivo no aumento da imunidade humoral, aumentando também a atividade dos eosinófilos e basófilos, e diminuindo a atividade dos monócitos (Roved et al., 2016). Desse modo, a maior proporção de eosinófilos encontrados nas fêmeas pode ser entendida como um efeito do estrogênio, porém a função exata dos eosinófilos na imunologia das aves ainda é incerta (Universidade Federal do Paraná, [s.d.]). Na espécie de passeriforme laverca-comum

(*Alauda arvensis*), após uma simulação de infecção bacteriana, também foi encontrado um maior número de eosinófilos nas fêmeas se comparado aos machos, dando suporte aos resultados discutidos (Hegemann et al., 2013). Em contrapartida, os outros resultados não seguem o padrão esperado, levando em conta os hormônios sexuais. A falta da diferença esperada entre os sexos para os basófilos pode estar associada à baixa quantidade encontrada destas células nos indivíduos da choca-de-asa-vermelha. Vinkler et al., 2010 apontou em seu estudo que preferiu não fixar as lâminas com metanol antes de corá-las, pois tal prática pode reduzir a capacidade de coloração dos grânulos dos basófilos, prejudicando sua identificação. Apesar de haver poucas pesquisas a respeito, vale considerar a possibilidade de que a baixa contagem de basófilos se deve à baixa coloração dos grânulos devido à fixação prévia com metanol. Na razão entre heterófilos e linfócitos, que é um marcador de estresse em aves (Gross e Siegel, 1983; Dias et al., 2015; Jax et al., 2021), uma hipótese para a falta de diferença entre machos e fêmeas é o fato de ambos os sexos defenderem o território na maioria das espécies da família *Thamnophilidae*, incluindo a choca-de-asa-vermelha (Mathias; Duca, 2016). Sabe-se que diferenças imunológicas se dão a partir de estruturas sociais complexas hierarquizadas, o que afeta disponibilidade de recursos, sendo estas menores para as fêmeas e machos não dominantes, que geralmente estão abaixo na hierarquia social (Krams et al., 2011).

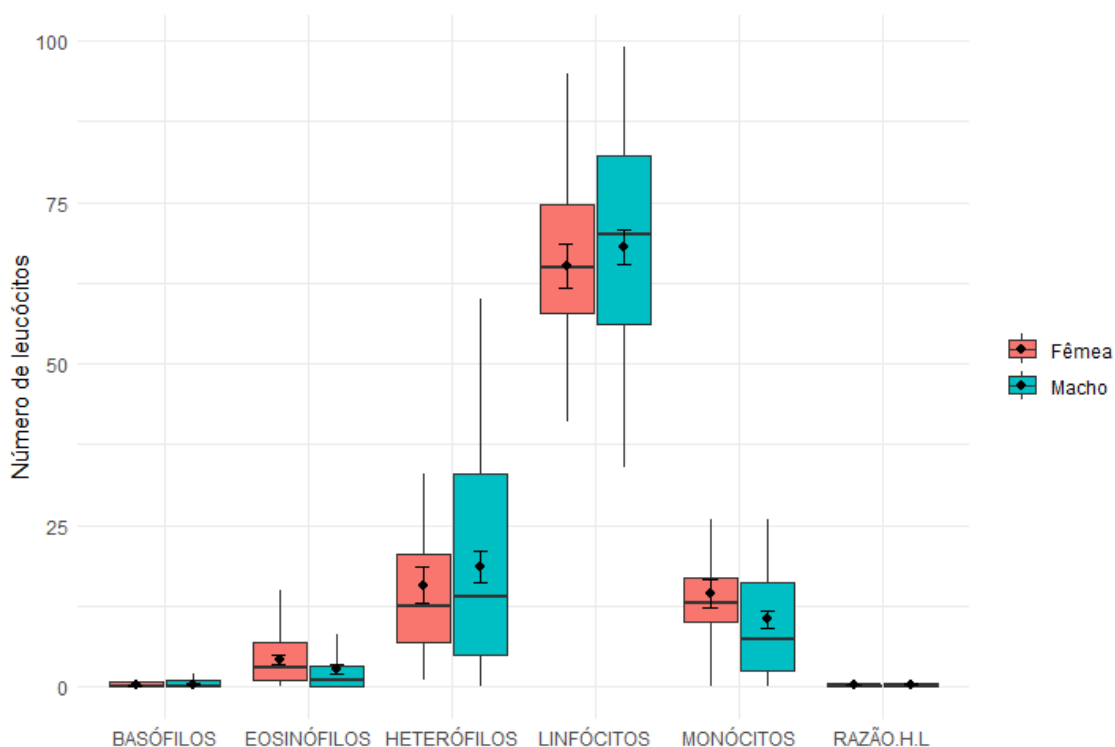


Figura 2. Comparação de dados imunológicos entre machos e fêmeas

Relação entre contagem de leucócitos e condição corporal

A primeira componente foi influenciada positivamente pela condição corporal ($t = 2,993$; $P = 0,004$; $r^2 = 0,116$; Figura 3), ou seja, quanto maior o valor de condição corporal do indivíduo, menor a proporção de linfócitos e maior a proporção de heterófilos e monócitos em seu sangue circulante. Por outro lado, a segunda componente foi afetada negativamente pela condição corporal ($t = -2,175$; $P = 0,033$; $r^2 = 0,065$), o que significa que, quanto maior o valor de condição corporal dos indivíduos, maior a proporção de monócitos e menor a de heterófilos em seu sangue circulante. Com base nas duas análises, conclui-se que a quantidade de monócitos é diretamente proporcional à condição corporal em indivíduos da choca-de-asa-vermelha. No entanto, ao investigar o efeito na razão entre heterófilos e linfócitos, não foi observado efeito significativo da condição corporal ($t = 0,477$; $P = 0,635$; $r^2 = 0,003$).

É comum que parâmetros imunológicos estejam associados à condição corporal nas aves, sendo a condição um indicativo honesto de qualidade, como na espécie pintaroxo-vermelho (*Carpodacus erythrinus*), na qual a contagem de basófilos foi demonstrada como sendo um bom indicativo de condição corporal e saúde (Vinkler et al., 2010). Resultado semelhante foi observado na espécie mimão-da-floreana (*Mimus trifasciatus*), na qual uma população menos saudável clinicamente apresentou altos valores da razão H/L e baixos valores de condição corporal comparada a outra população analisada (Deem et al., 2011). Normalmente, à medida que o potencial para estresses metabólicos aumenta, a condição corporal diminui (Kitaysky et al., 1999). Os monócitos são glóbulos brancos de extrema importância, pois migram para os tecidos e se diferenciam em macrófagos, que possuem funções como fagocitose, apresentação de antígeno aos linfócitos, secreção de citocinas e proteínas do complemento (Universidade Federal do Paraná, [s.d.]). Dito isso, uma hipótese seria que um maior número de monócitos circulantes em condições normais pode estar associado a um combate mais rápido e eficiente a infecções, garantindo melhor condição corporal aos indivíduos, visto que infecções por patógenos podem comprometer essa medida (Dawson e Bortolotti, 2000). Na espécie *Phaethon rubricauda* foi observada uma relação positiva entre monócitos, juntamente com linfócitos, eosinófilos e condição corporal, sugerindo que indivíduos com melhores condições corporais apresentam maior atividade imunológica na população investigada (Luna et al., 2020). No entanto, uma pesquisa também conduzida na Estação das Águas Emendadas, com uma espécie migratória e uma residente do gênero *Elaenia*, não encontrou relação significativa entre perfil imunológico e condição corporal em nenhuma das duas espécies (Machado-Filho et al., 2010). Resultados similares ocorreram com os passeriformes *Antilophia galeata* (Ribeiro et al., 2020) e *Tachycineta bicolor* (Palacios et al., 2009), sugerindo que a condição corporal pode não ser um dos fatores que mais afetam a imunologia de algumas espécies de aves. É possível que a espécie *Elaenia cristata* tenha sofrido imunossupressão durante a época da seca, com aumento da razão entre heterófilos e

linfócitos, porém sua condição corporal não variou, sugerindo que fatores estressores externos podem impactar diretamente na condição imunológica, sem necessariamente alterar a condição corporal dos indivíduos (Machado-Filho et al., 2010). Essa pode ser considerada também uma explicação para a falta de relação entre a razão H/L e a condição corporal nos indivíduos da choca-de-asa-vermelha. Assim como na choca, também não foram encontradas relações significativas entre a razão H/L e a condição corporal nos indivíduos da espécie *Alle alle* (Katarzyna et al., 2015). Além disso, como já mencionado, a quantidade de basófilos, além de ser um bom indicativo de condição corporal, pode ser um melhor indicador de condição se comparado à razão H/L na espécie *Carpodacus erythrinus* (Vinkler et al., 2010). Os resultados indicam que isso pode se aplicar à choca-de-asa-vermelha, porém, com a contagem de monócitos em vez de basófilos. Em contrapartida, um estudo que envolveu três espécies de passeriformes migratórios (*Catharus usulatus*, *Catharus fuscescens* e *Hylocichla mustelina*), observou que, com a atividade migratória, considerada de alta demanda energética, os indivíduos apresentaram menores valores totais de leucócitos, menos linfócitos, mais heterófilos, maior razão H/L, e também menor condição energética se comparado a indivíduos durante o período reprodutivo (Owen e Moore, 2006). Isso reforça o fato de que a relação entre condição imunológica e condição corporal pode variar de acordo com a biologia, comportamento e história de vida das diferentes espécies de aves

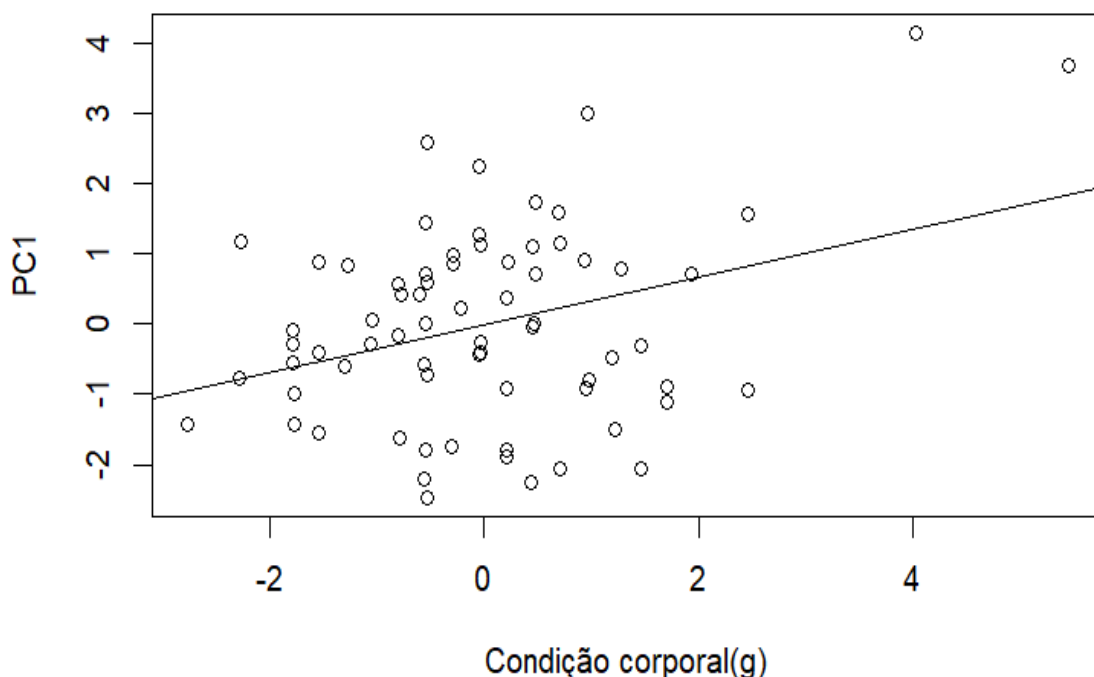


Figura 3. Relação entre a condição corporal e os escores da primeira componente principal (carregado negativamente por linfócitos e positivamente por heterófilos e monócitos).

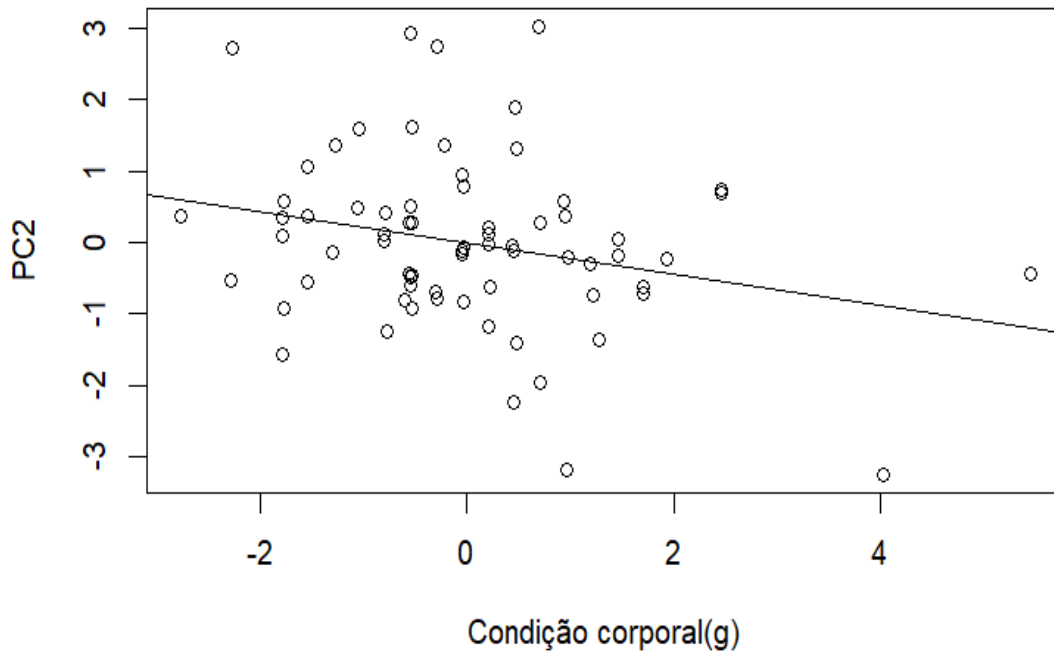


Figura 4. Relação entre a condição corporal e os escores da segunda componente principal (carregado negativamente por monócitos e positivamente por heterófilos).

Medidas morfológicas

Foram capturados e triados 105 indivíduos no total, sendo que a maioria dos dados de medidas corporais foram coletados como parte de um projeto anterior. As medidas coletadas foram peso e tamanhos da asa, cauda, tarso e narina, em milímetros (Tabela 1). Para as medidas de peso ($W = 959$; $P = 0,259$), cauda ($W = 1018$; $P = 0,483$), tarso ($W = 997,5$; $P = 0,396$), narina ($W = 1116,5$; $P = 1$), não houve diferença estatisticamente significativa entre machos e fêmeas, porém os machos apresentaram a medida da asa maior se comparado às fêmeas (média dos machos = 61,20; média das fêmeas = 59,78; $W = 637,5$; $P = 0,0006$). Na medida de condição corporal, as fêmeas obtiveram valores médios de $-0,15 \pm 1,49$ g e, os machos, de $0,06 \pm 1,06$ g, também não havendo diferença significativa entre os sexos ($t = 0,72$; $P = 0,478$).

A falta de dimorfismo sexual na maioria das características medidas difere do encontrado por Mills (2008), que analisou 31 espécies de passeriformes socialmente monogâmicos (assim como a choca-de-asa-vermelha), e observou que, em todos os grupos estudados, os machos são maiores que as fêmeas, sendo esse dimorfismo sexual mais evidente em características do meio do corpo do que nas extremidades anterior e posterior. Outro estudo realizado com o passeriforme corruíra-da-Carolina (*Thryothorus ludovicianus*), também observou que os machos são maiores que as fêmeas em todas as medidas analisadas, sendo as diferenças na massa corporal, no tamanho da asa e no tamanho do bico as mais evidentes, podendo ser características determinantes para a sexagem dos indivíduos (Haggerty, 2006). Esse resultado está parcialmente de acordo

com o encontrado na choca-de-asa-vermelha, pois o único dimorfismo visto foi no tamanho da asa, que também é maior nos machos. A falta de diferença significativa entre a condição corporal de machos e fêmeas se deve à falta de diferença entre o peso e o tamanho do tarso entre os sexos. Tal resultado está de acordo com o encontrado em outras espécies de passeriformes, como o Chapim-real (*Parus major*), no qual a condição corporal não difere significativamente entre os sexos, apesar de os machos possuírem maior reserva muscular do que as fêmeas (Norte et al., 2009). Em algumas espécies de aves marinhas também já foi observada a falta de diferença na condição corporal entre os sexos, como nas espécies *Alle alle* (Katarzyna et al., 2015), e *Phaethon rubricauda* (Luna et al., 2020). Já no passeriforme Mimão-da-Floreana (*Mimus trifasciatus*), os machos possuem melhor condição corporal (maior peso), além de maior tamanho de narina e asa (Deem et al., 2011). Desse modo, pode-se inferir que o dimorfismo sexual em características morfológicas varia entre espécies, não apresentando um padrão definido para todas.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas referente às medidas corporais dos indivíduos da choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*)

Variável morfológica	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Peso	19,51	1,32	16,75	25,00
Asa	60,37	2,17	51,16	64,70
Cauda	61,75	11,19	0	70,88
Tarso	25,10	1,05	20,98	28,9
Narina	10,9	0,93	16,58	9,32

Apresentação geral sobre as vocalizações

Foram feitos registros de comportamento territorial de 70 indivíduos, sendo 48 machos e 22 fêmeas. Os indivíduos vocalizaram em uma taxa de $1,25 \pm 0,87$ vocalizações por minuto. Foi observada uma diferença significativa entre os sexos na taxa de vocalização (número de vocalizações por minuto). Os machos produziram uma taxa média de $1,26 \pm 0,85$ vocalizações territoriais por minuto e, as fêmeas, $0,93 \pm 0,42$ vocalizações territoriais por minuto, sendo que os machos vocalizaram significativamente mais que as fêmeas ($W = 182$; $P < 0,001$). Também foi observado que os machos, na maioria das vezes, vocalizam antes das fêmeas. Para a análise, foram consideradas apenas as vocalizações territoriais, apesar de, em algumas situações, vocalizações não relacionadas à defesa territorial também estarem presentes.

O padrão observado de machos possuírem uma taxa de vocalização maior que as fêmeas já foi observado em diversas outras espécies, visto que, normalmente, o macho apresenta maior função de defesa territorial que a fêmea. O mesmo foi concluído para uma espécie também do gênero *Thamnophilus* (*Thamnophilus doliatus*), na qual foi observado que os machos respondem mais ao playback em defesa territorial se comparado às fêmeas, e suas respostas são mais intensas, tanto vocal quanto fisicamente (Koloff; Menill, 2011). Em outra pesquisa feita com o passeriforme *Pterorhinus davidi*, foi observado que os machos da espécie sempre iniciavam a resposta ao playback, e lideravam a aproximação ao invasor, possuindo comportamentos mais territoriais que as fêmeas, apesar de ambos os sexos contribuírem para a defesa territorial com duetos e aproximações (Liu et al., 2023). Resultado semelhante foi encontrado em um estudo com o kiwi (*Apteryx ownii*), na Nova Zelândia, concluindo que os machos da espécie vocalizaram mais que as fêmeas, e que, provavelmente, esse comportamento vocal é importante para a reprodução da espécie, tendo as funções de guardar a fêmea e defender o território (Digby et al., 2014). As vocalizações podem ter diversas funções, nos machos da coruja-do-mato (*Strix aluco*), por exemplo, a comunicação vocal é usada para atrair parceiras e estabelecer território (Agostino et al., 2020). Outro estudo feito com diferentes passeriformes, concluiu que, para as espécies *Phylloscopus soror*, *Cettia fortipes* e *Garrulax canorus*, a atividade vocal, especificamente ao amanhecer, durante o início do período reprodutivo, tem como objetivo principal atrair parceiros (Puswal et al., 2021). Já foi demonstrado na espécie *Chersophilus dupont* que a taxa de vocalização pode variar também de acordo com a qualidade do habitat (relação positiva) e com a competição intrasexual (Barrero et al., 2023). A atividade vocal pode variar também dentro do período reprodutivo, essas variações tendo objetivos de atrair parceiros, estimular as fêmeas em termos de fisiologia e/ou comportamento reprodutivos, e evitar a atração de predadores para o ninho ou filhotes (Kleindorfer et al., 2016; Lattin e Ritchison, 2009; Magoolagan e Sharp, 2018). Dito isso, vale investigar posteriormente se há outras funções para a vocalização territorial da choca-asa-vermelha além da defesa do território, porém os resultados mostram que os machos possuem um papel maior na defesa se comparado às fêmeas.

Relação entre vocalização e contagem diferencial de leucócitos e condição corporal

Quando avaliado o efeito da condição corporal dos indivíduos na taxa de vocalização territorial, percebeu-se uma relação não significativa ($t = -1,101$; $P = 0,295$; $r^2 = 0,099$). A falta de efeito pode estar associada ao baixo tamanho amostral, visto que apenas 13 indivíduos possuíam tanto dados morfológicos quanto comportamentais. Similarmente, não foram observados efeitos significativos da resposta imunológica, caracterizada pela primeira componente principal ($t = 0,346$; $P = 0,736$; $r^2 = 0,011$; Figura 5), segunda componente principal ($t = 0,567$; $P = 0,582$; $r^2 = 0,028$; Figura 6) e a razão

entre heterófilos e linfócitos ($t = 0,857$; $P = 0,410$; $r^2 = 0,063$; Figura 7) na taxa de vocalização.

Os resultados apresentados estão parcialmente de acordo com o encontrado no passeriforme *Hirundo rustica*, no qual a taxa de vocalização se relacionou negativamente com a concentração de linfócitos, porém não teve relação com nenhuma outra célula imunológica ou com a condição corporal (Saino et al., 1997). Visto que a vocalização possui um certo custo metabólico (Oberweger e Goller, 2001), era esperado que aqueles indivíduos com uma melhor condição corporal e imunológica conseguissem investir mais nessa atividade. Apesar disso, na espécie *Petroica australis* os indivíduos podem mediar mudanças na disponibilidade de comida e estado energético através de compensações comportamentais, como aumento na taxa de vocalização, sem alterar assim a massa corporal (Barnett; Briskie, 2011). No entanto, na espécie *Sturnus vulgaris*, a taxa de vocalização reflete mais parâmetros plasmáticos de condição nutricional do que condição corporal propriamente dita (Hout et al., 2012). Pode ser que esse seja o caso da choca-de-asa-vermelha, porém, são necessárias pesquisas posteriores para determinar se a espécie em questão se encaixa nesse padrão. Ademais, a hora do dia e estação do ano podem afetar os valores de condição corporal e quantidade de gordura estocada, sugerindo que esse parâmetro também deve ser levado em conta ao avaliar tais variáveis (Norte et al., 2009). Em uma pesquisa feita com o passeriforme *Taeniopygia guttata*, também não foi encontrada relação da taxa de vocalização com a razão entre heterófilos e linfócitos e, apesar de a taxa de vocalização e a coloração do bico (características sexuais secundárias) terem se mostrado dependentes de condição quando comparados os dados de indivíduos do grupo experimental, submetidos à maior estresse metabólico, não foram encontrados resultados significativos ao comparar o grupo experimental e o grupo controle, sugerindo que tais características respondem de forma distinta à mudanças de condição e podem transmitir diferentes tipos de informação (Birkhead et al., 1998). Desse modo, nem sempre a característica sexual secundária estará relacionada diretamente à condição corporal ou à imunologia, não sendo um indicativo honesto de qualidade, assim como observado a princípio na choca-de-asa-vermelha. No pardal-doméstico (*Passer domesticus*), por exemplo, o tamanho da mancha peitoral dos machos não mostrou relação com a condição corporal ou imunológica, medida na pesquisa pela concentração de imunoglobulinas no sangue (Gonzalez et al., 1999). No entanto, para determinar com certeza que as características não são dependentes de condição, é necessário investigar tais características com diferentes tipos e medidas de estresse, porém também há a sugestão de que especializações genéticas e compensações têm maior impacto na expressão de características sexuais secundárias se comparado à variação de qualidade dependente de condição (Cotton et al., 2004). Quando sendo um indicativo honesto de qualidade, além da condição corporal em si, a vocalização também pode informar a respeito da presença de parasitas, vírus ou bactérias, pois algumas doenças podem causar redução na taxa de vocalização alterar a estrutura da vocalização dos animais, e fazer com que

usem vocalizações menos complexas, além da condição corporal (Gilman et al., 2007; Lopez-Serna et al., 2021). A atividade vocal é um fator importante na seleção sexual de muitas espécies de aves por muitas vezes representar um sinal honesto de qualidade. Na espécie de pinguim *Eudyptula minor*, por exemplo, machos maiores respondem ao playback antes de machos menores e vocalizam com maiores frequências de pico, além de produzirem filhotes com uma maior taxa de crescimento, sendo selecionados pelas fêmeas a partir dessas características (Miyazaki; Wass, 2003). Já na no mandarim (*Taeniopygia guttata*), observou-se que a vocalização foi um parâmetro confiável de sinal de qualidade na hora de escolher um parceiro reprodutivo, porém fêmeas de menor condição também selecionavam machos de menor condição e vice-versa, demonstrando que nem sempre a maior condição corporal será selecionada (Holveck; Riebel, 2009). Em contrapartida, em outro experimento, também com a espécie *Taeniopygia guttata*, o tempo total gasto vocalizando se mostrou um indicativo de condição corporal e qualidade apenas após o pareamento do casal, e não na seleção sexual em um encontro não-familiar, hipotetizando que a condição corporal pode não estar diretamente ligada ao tempo de vocalização, mas sim que a variação desses parâmetros pode estar sob influência de uma terceira variável que varia de acordo com a situação (David et al., 2013). São necessários estudos posteriores para afirmar se esse é o caso da choca-da-asa-vermelha, nos quais haveria a comparação da taxa de vocalização e condição corporal antes e depois do pareamento, porém é uma hipótese a ser considerada. A relação entre condição corporal e atividade vocal vai ainda além da taxa de vocalização, visto que os parâmetros acústicos e sílabas também podem ser indicativos de qualidade. Uma pesquisa analisou diferentes parâmetros acústicos da vocalização de galos (*Gallus gallus*), concluindo a partir disso que a vocalização dos machos da espécie é um indicativo honesto do seu tamanho e status de saúde (Hao et al., 2023). Outro estudo feito com espécies de pinguins do gênero *Spheniscus* também dá suporte a essa proposta, concluindo que algumas sílabas da vocalização dos machos são indicativos honestos de tamanho e massa nos indivíduos (Favaro et al., 2017). Da mesma forma, também é possível que outros parâmetros vocais sejam melhores indicativos de qualidade além da taxa de vocalização. Um estudo feito com o passeriforme *Melospiza melodia* que avaliou a atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) encontrou que indivíduos com menor aumento nos níveis de cortisol em resposta a contenção apresentaram vocalizações mais complexas, mais heterófilos no sangue, e maior razão H/L, concluindo a complexidade das vocalizações pode ser um sinal honesto de qualidade, visto que aves de melhor qualidade possuem regulação mais efetiva do eixo HPA, permitindo assim maior investimento em características sexualmente selecionadas, função imune e condição corporal (Schmidt et al., 2012).

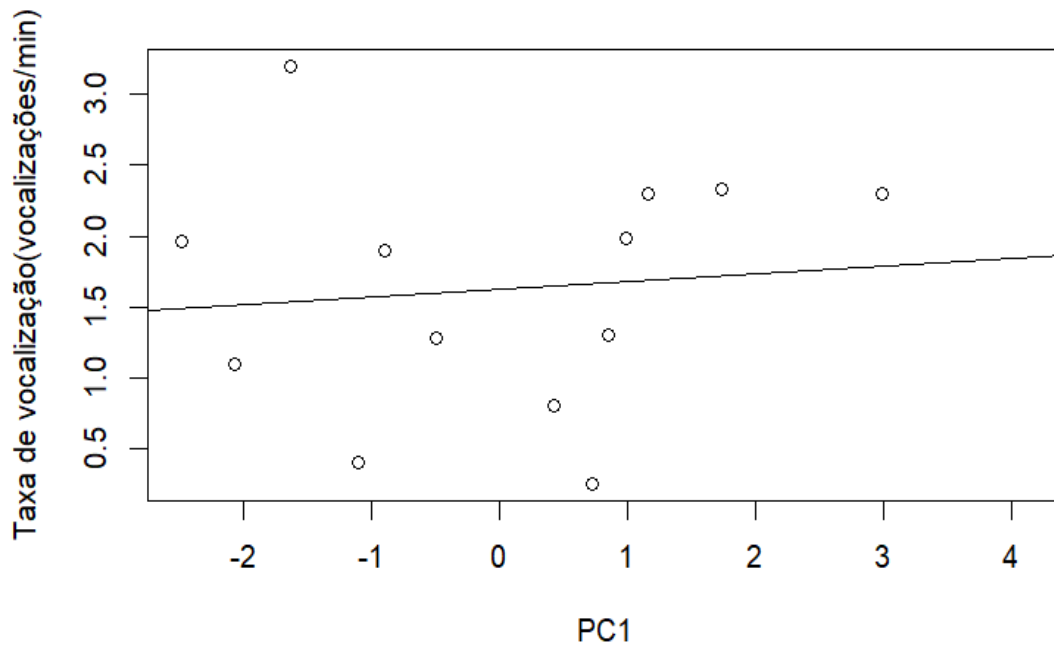


Figura 5. Relação entre a taxa de vocalização e os escores da primeira componente principal 1 (carregado negativamente por linfócitos e positivamente por heterófilos e monócitos).

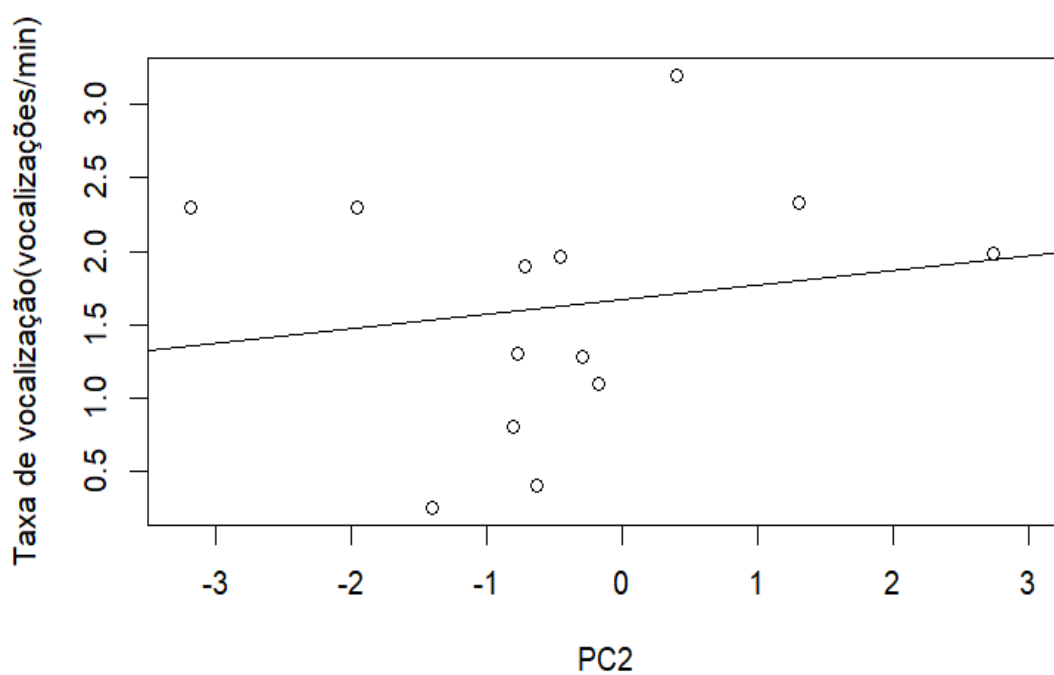


Figura 6. Relação entre a taxa de vocalização e os escores da segunda componente principal (carregado negativamente por monócitos e positivamente por heterófilos).

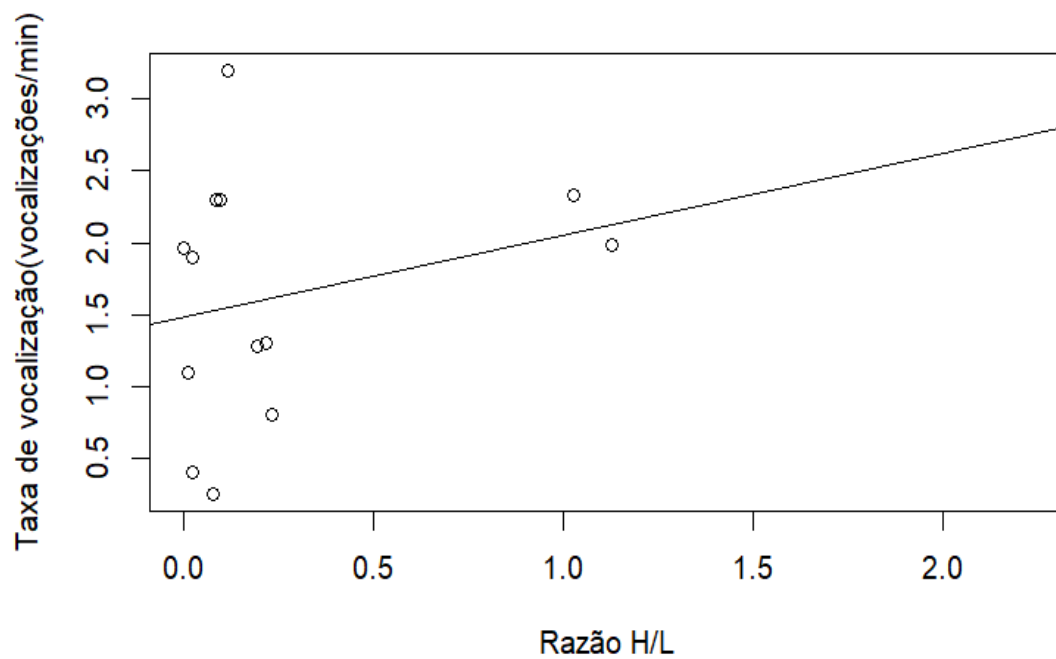


Figura 7. Relação entre a taxa de vocalização e a razão entre heterófilos e linfócitos.

5 Considerações finais

Na choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*), o leucócito em maior concentração no sangue circulante são os linfócitos, seguidos de heterófilos, monócitos, eosinófilos e basófilos, resultado que se assemelha em parte ao observado em outros passeriformes. As fêmeas possuem maior concentração de eosinófilos se comparado aos machos, provavelmente devido à presença do estrogênio, porém estudos posteriores são necessários para determinar com certeza tal relação, ou se a concentração de eosinófilos está sob efeito de alguma outra variável. A quantidade de monócitos mostrou-se positivamente relacionada à condição corporal, talvez por uma questão de melhor combate à parasitas, porém pesquisas relacionando a contagem diferencial de leucócitos e organismos patogênicos são necessárias para determinar tal relação. Já a quantidade de linfócitos se mostrou negativamente relacionada à condição corporal. Sugere-se então, que o perfil imunológico da choca-de-asa-vermelha é sim dependente de condição.

Os machos da choca-de-asa-vermelha vocalizaram em uma taxa maior se comparado às fêmeas, possuindo um papel maior na defesa territorial. A taxa de vocalização não mostrou relação significativa com nenhum parâmetro imunológico ou com a condição corporal, porém pode se dar devido ao baixo tamanho amostral. Os resultados mostraram que a taxa de vocalização não pode ser usada como um sinal honesto de qualidade, porém seria importante repetir essa análise com uma amostra maior para definir com certeza essa relação. Pode ser ainda que a taxa de vocalização reflita mais uma condição nutricional do que condição corporal, ou que outros parâmetros vocais estejam associados às variáveis analisadas, havendo algumas hipóteses a serem testadas a esse respeito. Além disso, existe um pequeno dimorfismo sexual, sendo os machos maiores apenas quando considerado o tamanho da asa, diferindo de muitas espécies de passeriformes que apresentam dimorfismo sexual em diferentes medidas morfológicas.

REFERÊNCIAS

- AENGWANICH, W. Comparative Ability to Tolerate Heat Between Thai Indigenous Chickens, Thai Indigenous Chickens Crossbred and Broilers by Using Heterophil/Lymphocyte Ratio. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, v. 10, p. 1840-1844, 2007.
- AGOSTINO, P. V.; MECK, W.; LUSK, N.; GOLOMBEK, D.; PERYER, G. Daily and seasonal fluctuation in Tawny Owl vocalization timing. *Plos One*, v. 115, n. 4, p. e0231591, 2020.
- ÁGUAS EMENDADAS É RECONHECIDA INTERNACIONALMENTE POR FAZER CONEXÃO ENTRE ÁGUA, CULTURA E PATRIMÔNIO. Brasília ambiental, 2018. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/aguas-emendadase-reconhecida-internacionalmente-por-fazer-conexao-entre-agua-cultura-e-patrimonio/> Acesso em: 10/04/2024
- ANTEAU, Michael J.; AFTON, Alan D. Using plasma-lipid metabolites to index changes in lipid reserves of free-living lesser scaup (*Aythya affinis*). *The Auk*, v. 125, n. 2, p. 354-357, abr. 2008.
- AZEREDO, Luane M.M.; OLIVEIRA, Talita C.; LOPEZ, Luiz S.C. Blood metabolites as predictors to evaluate the body condition of *Neopelma pallescens* (Passeriformes: Pipridae) in northeastern Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, v. 33, n. 6, p. e20160043, 2016.
- BACHMAN, G.; WIDEMO, F. Relationships between body composition, body size and alternative reproductive tactics in a lekking sandpiper, the Ruff (*Philomachus pugnax*). *Functional Ecology*, v. 13, n. 3, p. 411-416, mar. 2002.
- BARNETT, C. A.; BRISKIE, J. V. Strategic regulation of body mass and singing behavior in New Zealand robins. *Ethology*, v. 117, n. 1, p. 20-36, 2011.
- BARRERO, A.; GÓMEZ-CATASÚS, J.; PÉREZ-GRANADOS, C.; ROSA, D. B.; TRABA, J. Conspecific density and habitat quality drive the defense and vocal behaviour of a territorial passerine. *Ibis*, v. 166, n. 3, p. 826-843, 2023.
- BIRKHEAD, T. R.; FLETCHER, F.; PELLAT, E.J. Sexual selection in the zebra finch *Taeniopygia guttata*: condition, sex traits and immune capacity. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 44, p. 179-191, 1998.
- BLUMS, Peter; CLARK, Robert G.; MEDNIS, Aivars. Patterns of reproductive effort and success in birds: path analyses of long-term data from European ducks. *Journal of Animal Ecology*, v. 71, n. 2, p. 280-295, abr. 2002.
- BLUMS, Peter; NICHOLS, James D.; HINES, James E.; LINDBERG, Mark S.; MEDNIS, Aivars. Individual quality, survival variation and patterns of phenotypic selection on body condition and timing of nesting in birds. *Oecologia*, v. 143, p. 365-376, jan. 2005.

BOWERS, E. K., HODGES, C. J., FORSMAN, A. M., VOGEL, L. A., MASTERS, B. S., JOHNSON, B. G., ... SAKALUK, S. K. Neonatal body condition, immune responsiveness, and hematocrit predict longevity in a wild bird population. *Ecology*, v. 95, n. 11, p. 3027-3034, 2014.

CLARK, P.; BOARDMAN, W.; RAIDAL, S. Atlas of Clinical Avian Hematology. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009.

COTTON, S.; FOWLER, K.; POMIANKOWSKI, A. Do sexual ornaments demonstrate heightened condition-dependent expression as predicted by the handicap hypothesis?. *Royal Society*, v. 271, n. 1541, p. 771-783, 2004.

COTTON, S.; SMALL, J.; POMIANOWSKI, A. Sexual Selection and Condition-Dependent Female Preferences. *Current Biology*, v. 16, n. 17, p. R755-R765, 2006.

DA SILVA, L. S., RAFAEL, R. M., RODRIGUES, G. G., & DE ARAUJO, H. P. Heterophile/lymphocyte profiles are associated with mass increase and moulting in the Semipalmated Sandpiper *Calidris pusilla* at wintering sites in NE South America. *Acta Ornithologica*, v. 56, n. 1, p. 127-132, 2021.

DAVID, M.; AUCLAIR, Y.; DALL, S. R. X; CÉZILLY, F. Pairing context determines condition-dependence of song rate in a monogamous passerine bird. *Royal Society*, v. 280, n. 1753, 2013.

DAVIS, A.K.; MANEY, D.L.; MAERZ J.C. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology*, v. 22, n. 5, p. 760-772, set. 2008

DAVIS, Bruce E.; AFTON, Alan D.; COX JR, Robert R. Factors Affecting Winter Survival of Female Mallards in the Lower Mississippi Alluvial Valley. *The Waterbird Society*, v. 34, n. 2, p. 186-194, 2011.

DAWSON, R. D.; BORTOLOTTI, G. R. Effects of Hematozoan Parasites on Condition and Return Rates of American Kestrels. *The Auk*, v. 117, n. 2, p. 373-380, 2000

DEEM, S. H.; PARKER, P. G.; CRUZ, M. B.; MERKEL, J.; HOECK, P. E. A. Comparison of blood values and health status of Floreana mockingbirds (*Mimus trifasciatus*) on islands of Champion and Gardner-by-Floreana, Galapagos Island. *Wildlife Diseases*, v. 47, n. 1, p. 94-106, 2011.

DEIN, F. J. Laboratory manual of avian hematology. Association of Avian Veterinarians, Boca Raton, FL. USA, 1984.

DE KOKER, A., BIRD, A. R., SWART, C., ROGERSON, J. J., HILTON, C., & OPIE, J. J. Establishing local reference intervals for full blood count and white blood cell differential counts in Cape Town, South Africa. *South African Medical Journal*, v. 111, n. 4, p. 327-332, 2021.

DIAS, R.I.; MANICA, L.T.; GRESSLER, D.; BELL, J.A.; FECCHIO, A. Plumage coloration, body condition and immunological status in Yellow-billed Cardinals (*Paroaria capitata*). *Ethology Ecology & Evolution*, v. 28, n. 4, p. 462- 476, set. 2015.

DIGBY, A.; TOWSEY, M.; BELL, B. D.; TEAL, P. D. Temporal and environmental influences on the vocal behavior of a nocturnal bird. *Avian Biology*, v. 45, n. 6, p.591-599, 2014.

DRZEWINSKA-CHANKO, J., WLODARCZYK, R., GAJEWSKI, A., RUDNICKA, K., DUNN, P. O., & MINIAS, P. Immunocompetent birds choose larger breeding colonies. *Journal of Animal Ecology*, v. 90, n. 10, p. 2325-2335, 2021.

FAIVRE, Bruno; GRÉGOIRE, Arnaldo; PRÉAULT, Marina; CÉZILLY, Frank; SORCI, Gabriele. Immune Activation Rapidly Mirrored in a Secondary Sexual Trait. *Science*, v. 300, n. 5616, p. 103, abr. 2003. GHOSH, Shyamasree. *Immune System of Animals*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2022.

FAVARO, L.; GAMBA, M.; GILI, C.; PESSANI, D. Acoustic correlates of body size and individual identity in banded penguins. *Plos One*, v. 12, n. 2, p. e0170001, 2017.

GILMAN, S.; BLUMSTEIN, D. T.; FOUFOPOULOS, J. The effects of hemosporidian infections on white-crowned sparrow singing behavior. *Ethology*, v. 113, n. 5, p. 437-445, 2007.

GONZALEZ, G.; SORCI, G.; MOLLER, A. P.; NINNI, P.; HAUSSY, C.; DE LOPE, F. Immunocompetence and condition-dependent sexual advertisement in male house sparrows (*Passer domesticus*). *Journal of Animal Ecology*, v. 68, n. 6, p. 1225-1234, 1999.

GROSS, W.B.; SIEGEL, H.S. Evaluation of the Heterophil/Lymphocyte Ratio as a Measure of Stress in Chickens. *Avian Diseases*, v. 27, n. 4, p. 972-979, dez. 1983.

HAGGERTY, T. M. Sexual size dimorphism and assortative mating in Carolina Wrens. *Journal of Field Ornithology*, v. 77, n. 3, p. 259-265, 2006.

HAO, P.; ZHAO, K.; HUANG, X.; RAO, X.; LIANG, W.; ZHANG, Y. The vocalization of the red junglefowl is a signal of body size and individual health. *Current Zoology*, v. 69, n. 4, p. 393-400, 2023.

HARMON, Barry G. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. *Poultry Science*, v. 77, n. 7, p. 972-977, jul. 1998.

HART, Benjamin L. Biological basis of the behavior of sick animals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 12, n. 2, p. 123-137, fev. 1988.

HERNÁNDEZ, M.; MARGALIDA, A. Hematology and blood chemistry reference values and age-related changes in wild bearded vultures (*Gypaetus barbatus*). *Wildlife Disease Association*, v. 46, n. 2, p. 390-400, 2010.

HILL, G. E. Condition dependent traits as signals of the functionality of vital cellular processes. *Ecology Letters*, v. 14, n. 7, p. 625-634, 2011.

HOLVECK, M. J.; RIEBEL, K. Low-quality females prefer low-quality males when choosing a mate. *Royal Society*, v. 277, n. 1678, p. 153-160, 2009.

HOUT, A. J.-M. V.; PINXTEN, R.; GEENS, A.; EENS, M. Non-breeding song rate reflects nutritional condition rather than body condition. *Plos One*, v. 7, n. 1932-6203, p. e36547, 2012.

HOVINEN, J. E., TARROUX, A., RAMÍREZ, F., FORERO, M., DESCAMPS, S. Relationships between isotopic ratios, body condition and breeding success in a High Arctic seabird community. *Marine Ecology Progress Series*, v. 613, p. 183-195, 2019.

HUFF, G.; HUFF, W.; RATH, N.; DONOGHUE, A.; ANTHONY, N.; NESTOR, K. Differential effects of sex and genetics on behavior and stress response of turkeys. *Poultry Science*, v. 86, n. 7, p. 1294-1303, 2007.

JAX, Elinor; MULLER, Inge; BORN, Stefan; BORLINGHAUS, Hanna; ERIKSSON, Gustaw; FRICKE, Evi; TIMMERMANN, Bernd; PENDL, Helene; FIEDLER, Wolfgang; KLEIN, Karsten; SCHREIBER, Falk; WIKELSKI, Martin; MAGOR, Katharine E.; KRAUS, Robert H.S. Health monitoring in birds using bio-loggers and whole blood transcriptomics. *Scientific Reports*, v.11, mai. 2021.

JORTNER, B. S.; ADAMS, W. R. Turpentine-induced inflammation in the chicken. A light and electronmicroscope study, with emphasis on the macrophage, epithelioid cell, and multinucleated giant cell reaction. *Avian Diseases*, v. 15, n. 3, p. 533±550, 1971.

KATARZYNA, W.; DARIUSZ, J.; CHASTEL, O.; KULASZEWICZ, I. A big storm in a small body: seasonal changes in body mass, hormone concentrations and leucocyte profile in the little au (Alle alle). *Polar Biology*, v. 38, n. 8, p. 1203-1212, 2015.

KITAYSKY, A.S.; WINGFIELD, J. C.; PIATT, J. F. Dynamics of food availability, body condition and physiological stress response in breeding Black-legged Kittiwakes. *Functional Ecology*, v. 13, n. 5, p. 577-584, 1999.

KLEINDORFER, S.; EVANS, C.; MAHR, K. Female in-nest chatter song increases predation. *Biology Letters*, v. 12, n. 1, p. 20150513, 2016

KOLOFF, J.; MENILL, D. Aggressive responses to playback of solos and duets in a Neotropical antbird. *Animal Behaviour*, v. 82, n. 3, p. 587-593, 2011.

KONO, Hajime; ROCK, Kenneth L. How dying cells alert the immune system to danger. *Nature Reviews Immunology*, v. 8, p. 279-289, mar. 2008.

KRAMS, Indrikis; CIRULE, Dina; KRAMA, Tatjana; VRUBLEVSKA, Jolanta. Extreme low ambient temperature affects haematological parameters and body condition in wintering Great Tits (*Parus major*). *Journal of Ornithology*, v. 152, p. 889-895, mar. 2011.

LABOCHA, Marta K.; HAYES, Jack P. Morphometric indices of body condition in birds: a review. *Journal of Ornithology*, v. 153, n. 1, p. 1-22, jan. 2012.

LAILOLO, P.; TELLA, J. L.; CARRETE, M.; SERRANO, D.; LÓPEZ, G. Distress calls may honestly signal bird quality to predators. *Royal Society*, v. 271, n. suppl_6, p. S513-S515, 2004.

LATTIN, C.; RITCHISON, G. Intra and Intersexual Functions of Singing by Male Blue Grosbeaks: the Role of Within-Song Variation. *Wilson Journal of Ornithology*, v. 121, n. 4, p. 714-721, 2009.

LECLAIRE, S., BOURRET, V., BLANCHARD, P., DE FRANCESCHI, C., MERKLING, T., HATCH, S. A., & DANCHIN, É. Carotenoids increase immunity and sex specifically affect color and redox homeostasis in a monochromatic seabird. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 69, p. 1097-1111, 2015.

LINDSTROM, K.; LUNDSTROM, Jan. Male greenfinches (*Carduelis chloris*) with brighter ornaments have higher virus infection clearance rate. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, v. 48, p. 44-51, jun. 2000.

LIU, P.; LOU, Y.; LLOYD, H.; SUN, Y. Multiple field study approaches reveal the functions of female song and duets in a temperate songbird. *Animal Behaviour*, v. 206, n. 1, p. 1-11, 2023.

LOPEZ-SERNA, S.; GONZALEZ-QUEVEDO, C.; RIVERA-GUTIERREZ, H. F. Beyond illness: variation in haemosporidia load explains differences in vocal performances in songbird. *Ecology and Evolution*, v. 11, n. 24, p. 18552-18561, 2021.

LOZANO, George A. Carotenoids, Parasites and Sexual Selection. *Oikos*, v. 70, n. 2, p. 309-311, jun. 1994.

LUCAS, Alberto; MORALES, Judith; VELANDO, Alberto. Differential effects of specific carotenoids on oxidative damage and immune response of gull chicks. *Journal of Experimental Biology*, v. 217, n. 8, p. 1253-1262, 2014.

LUNA, N.; VARELA, A. I.; LUNA-JORQUERA, G.; BROKORDT, K. Effect of predation risk and ectoparasitic louse flies on physiological stress condition of the red-tailed tropicbird (*Phaethon rubricauda*) from Rapa Nui and Salas & Gómez islands. *PeerJ*, v. 2020, n. 7, p. e9088, 2020.

- MACHADO-FILHO, R. A. N.; BALSAMÃO, G. M.; MARINI, M. Â. Seasonal Differences in Immune Profiles and Body Conditions of Migratory and Permanent Resident Neotropical Flycatchers. *The Condor: Ornithological Applications*, v.112, n. 3, p. 579-590, 2010.
- MAGOOLAGAN, L.; SHARP, S. P. Song function and territoriality in male and female White-throated Dippers *Cinclus cinclus*. *Bird study*, v. 65, n.3, p. 396-403, 2018.
- MALLET-RODRIGUES, Francisco. A presumida ocorrência da choca-de-asa-vermelha *Thamnophilus torquatus* Swainson, 1825 (Thamnophilidae) no estado do Rio de Janeiro. *Atualidades Ornitológicas*, n. 145, out. 2008
- MATHIAS, Leonardo B.; DUCA, Charles. Territoriality of Six Thamnophilidae Species In A Cloud Forest In Southeastern Brazil. *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 128, n. 4, p. 752-759, dez. 2016.
- MAXWELL, M.H. Avian blood leucocyte responses to stress. *World Poult. Sci J*, v. 49, p. 34±43, 1993.
- MEER, E. V. D.; OERS, K. V. Gender and Personality Differences in Response to Social Stressors in Great Tits (*Parus major*). *Plos One*, v. 10, n. 5, p. e0127984, 2015.
- MILLS, A. M. Passerines are Sexually Dimorphic in Shape as well as in Size. *The Condor*, v. 110, n. 2, p. 354-358, 2008.
- MEER, E. V. D.; OERS, K. V. Gender and Personality Differences in Response to Social Stressors in Great Tits (*Parus major*). *Plos One*, v. 10, n. 5, p. e0127984, 2015.
- MIYAZAKI, M.; WASS, J. R. Correlations between body size, defensive behaviour and reproductive success in male Little Blue Penguins *Eudyptula minor*: implications for female choice. *Ibis*, v. 145, n. 1, p. 98-105, 2003.
- MURIEL, J.; VIDA, C.; GIL, D.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, L. Ontogeny of leukocyte profiles in a wild altricial passerine. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systematic, and Environmental Physiology*, v. 191, n. 1, p. 195-206, 2021.
- NORTE, A. C.; RAMOS, J. A.; SOUZA, J. P.; SHELDON, B. C. Variation of adult Great Tit *Parus major* body condition and blood parameters in relation to sex, age, year and season. *Journal of Ornithology*, v. 150, n. 3, p. 651-660, 2009.
- OBERWEGER, K.; GOLLER, F. The metabolic cost of birdsong production. *Journal of Experimental Biology*, v. 204, n. 19, p. 3379-3388, 2001.
- OLIVEIRA, M. J.; NASCIMENTO, I. A.; RIBEIRO, V. O.; CORTES, L. A.; FERNANDES, R. D.; SANTOS, L. C.; MORAES, W.; CUBAS, Z. S. Haematological values for captive harpy eagle (*Harpia harpyja*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 35, n. 8, 2014.

OWEN-ASHLEY, Noah T.; WINGFIELD, John C. Acute phase responses of passerine birds: characterization and seasonal variation. *Journal of Ornithology*, v. 148, n. 2, p. 583-591, jul. 2007.

OWEN, J. C.; MOORE, F. R. Seasonal Differences in Immunological Condition of Three Species of Thrushes. *The Condor: Ornithological Applications*, v. 108, n. 2, p. 389-398, 2006.

PALACIOS, M. G.; CUNNICK, J. E.; VLECK, D.; VLECK, C. M. Ontogeny of innate and adaptive immune defense components in free-living tree swallows, *Tachycineta bicolor*. *Developmental & Comparative Immunology*, v. 33, n. 4, p. 456-463, 2009.

PALINAUSKAS, V., LA PUENTE, J. M. D., HERNÁNDEZ-SOTO, S. R., & MARZAL, A. Experimental parasitology and ecoimmunology: concepts and opportunities in avian haemosporidian studies. *Avian Malaria and Related Parasites in the Tropics: Ecology, Evolution and Systematics*, p. 527-558, 2020.

PARDAL, Sara; ALVES, José A; MOTA, Paulo G; RAMOS, Jaime A. Dress to impress: breeding plumage as a reliable signal of innate immunity. *Journal of Avian Biology*, v. 49, n. 7, p. e01574, jul. 2018.

PIATON, E., FABRE, M., GOUBIN-VERSINI, I., BRETZ-GRENIER, M. F., COURTADE-SAIDI, M., VINCENT, S., ... MICHIELS, J. F. Technical recommendations and best practice guidelines for May-Grünwald-Giemsa staining: literature review and insights from the quality assurance. *Annales de pathologie*. 2015. p. 294-305.

POWELL, L. L.; DOBBS, R. C.; MARRA, P. P. Habitat and body condition influence American Redstart foraging behavior during the non -breeding season. *Journal of Field Ornithology*, v. 86, n. 3, p. 229-237, 2015.

PUSWAL, S. M.; JINJUN, M.; LIU, F. Effects of temperature and season on birds dawn singing behavior in a forest of eastern China. *Journal of Ornithology*, v. 162, p. 447-459, 2021.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01 ago. 2025.

RIBEIRO, P. V.; BAESSE, C. Q.; CURY, M. C.; MELO, C. Leukocyte profile of the helmeted manakin *Antilophia galeata* (Passeriformes: Pipridae) in a Cerrado forest fragment. *Zoologia*, v. 37, n. 1984-4689, p. 1-9, 2020.

RIBEIRO, P. V. A., GONÇALVES, V. F., DE MAGALHÃES TOLENTINO, V. C., BAESSE, C. Q., PIRES, L. P., PANIAGO, L. P. M., & DE MELO, C. Effects of urbanisation and pollution on the heterophil/lymphocyte ratio in birds from Brazilian Cerrado. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 29, n. 26, p. 40204-40212, 2022.

RONCALLI, Gianluca et al. Immunological changes in nestlings growing under predation risk. *Journal of avian biology*, v. 51, n. 4, 2020.

ROSA, D. B.; PÉREZ-GRANADOS, C.; MORALES, M. B.; TRABA, J.; BARRERO, A.; GÓMEZ-CATASÚS, J.; REVERTER, M.; OÑATE, J. J.; HERVÁS, I.; CALERO-RIESTRA, M.; VIÑUELA, J.; GARCÍA, J. T.; LÓPEZ-IBORRA, G. M.; JUSTRIBÓ, J. H.; MEREU, S. Leukocyte profile variation in Dupont's Lark (*Chersophilus duponti*) in Spain and Morocco. *Journal of Ornithology*, v. 163, n. 2, p. 539-551, 2022.

ROVED, J.; WESTERDAHL, H.; HASSELQUIST, D. Sex differences in immune responses: Hormonal effects, antagonistic selection and evolutionary consequences. *Hormones and Behavior*, v. 88, n. 0018-506X, p. 95-105, 2016.

RUHS, E. C., BORDEN, D. M., DALLAS, T., & PITMAN, E.. Do feather traits convey information about bird condition during fall migration?. *The Wilson Journal of Ornithology*, v. 131, n. 3, p. 693-701, 2019.

SAINO, N.; GALEOTTI, P.; SACCHI, R.; MOLLER, A. P. Song and immunological condition in male barn swallows (*Hirundo rustica*). *Behavioral Ecology*, v. 8, n. 4, p. 364-371, 1997.

SCHMIDT, K. L.; AINSLEY, A. F.; LAPIERRE, J. M.; MACDOUGALL-SHACKLETON, E. A.; MACDOUGALL-SHACKLETON S. A. Regulation of the HPA axis is related to song complexity and measures of phenotypic quality in song sparrows. *Hormones and Behavior*, v. 61, n. 4, p. 652-659, 2012.

SKWARSKA, Joanna. Variation of heterophil-to-lymphocyte ratio in the Great Tit *Parus major*: a review. *Acta ornithologica*, v. 53, n. 2, p. 103-114, 2019.

TEIXEIRA, B. N. M. P.; XERFAN-COLARES, C.; DIAS, R. I. The role of males and females *Thamnophilus torquatus* in territorial defense. In: *II Congresso de Ornitologia das Américas, 2023, Gramado. Anais do II Congresso de Ornitologia das Américas, 2023.*

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Interpretação do Hemograma de Aves. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, [s.d]. 27 p. Disponível em: <https://agrarias.ufpr.br/sacas/wp-content/uploads/sites/42/2020/09/Interpretacao-LEUCOGRAMA-TROMBOCITOS.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2025.

VALDEBENITO, J. O., HALIMUBIEKE, N., LENDVAI, Á. Z., FIGUEROLA, J., EICHHORN, G., SZÉKELY, T. Seasonal variation in sex-specific immunity in wild birds. *Scientific reports*, v. 11, n. 1, p. 1349, 2021.

VELANDO, Alberto; BEAMONTE-BARRIENTOS, René; TORRES, Roxana. Pigment-based skin colour of the bluefooted booby: an honest signal of current condition used by females to adjust reproductive investment. *Oecologia*, v. 149, p. 535-542, jul. 2006.

VILA, Laura G. Hematologia em aves: Revisão de literatura. Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, 2013

VINKLER, M.; SCHNITZER, J.; MUNCLINGER, P.; VOTYPKA, J; ALBRECHT, T. Haematological health assessment in a passerine with extremely high proportion of basophils in peripheral blood. *Journal of Ornithology*, v. 151, n 4, p. 841-894, 2010.

WAITE, Jessica L.; HENRY, Autumn R.; OWEN, Jeb P.; CLAYTON, Dale H. An experimental test of the effects of behavioral and immunological defenses against vectors: do they interact to protect birds from blood parasites?. *Parasites & Vectors*, v. 7, n. 104, mar. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Imagens dos leucócitos da choca-de-asa-vermelha (*Thamnophilus torquatus*)

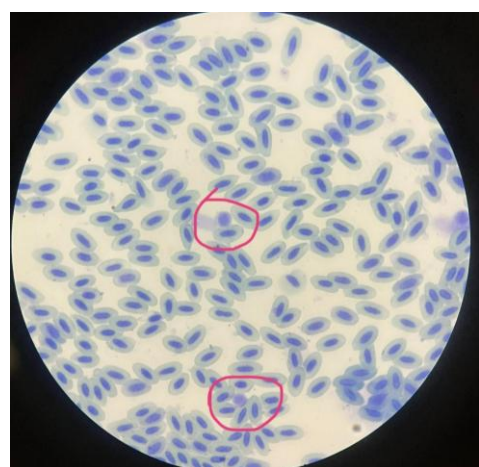


Figura 1. Dois linfócitos (circulados em rosa)

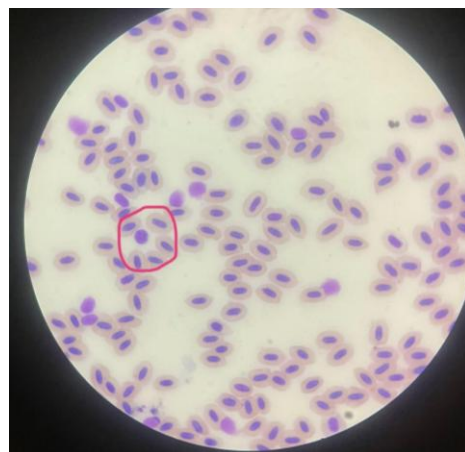


Figura 2. Um linfócito (circulado em rosa)



Figura 3. Um linfócito (no meio, circulado em rosa) e dois monócitos (à direita e à esquerda, circulados em rosa)

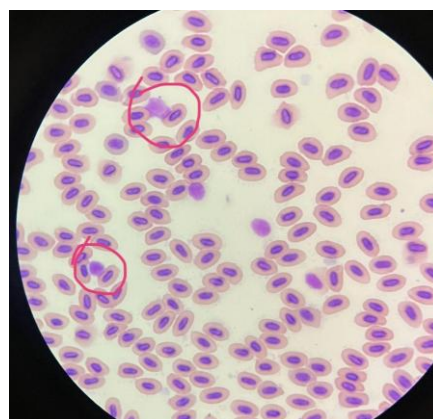


Figura 4. Um linfócito (posição mais inferior, circulado em rosa) e um monócito (posição mais superior, circulado em rosa)

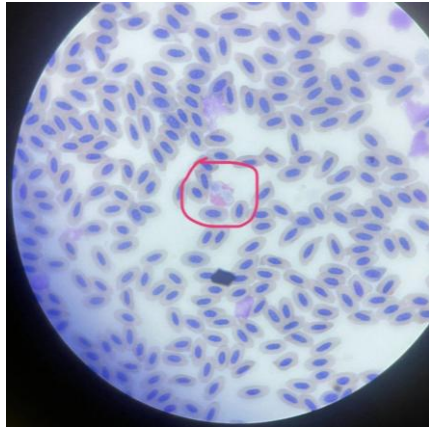


Figura 5. Um heterófilo (circulado em rosa)

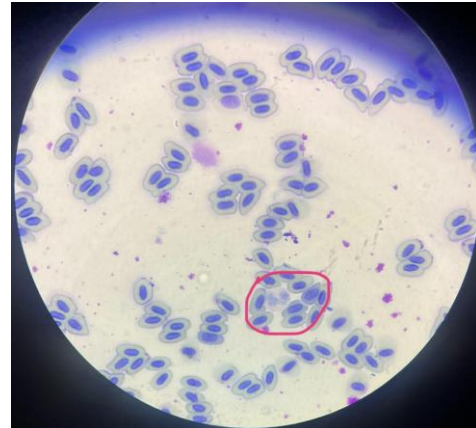


Figura 6. Um heterófilo (circulado em rosa)

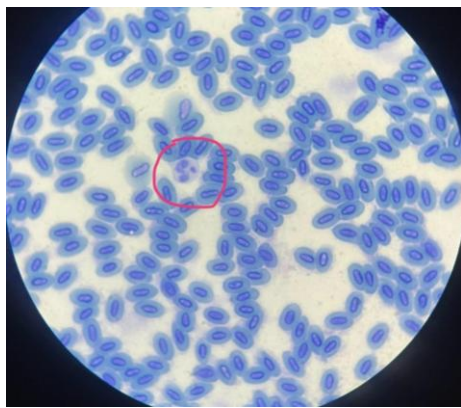


Figura 7. Um heterófilo (circulado em rosa)

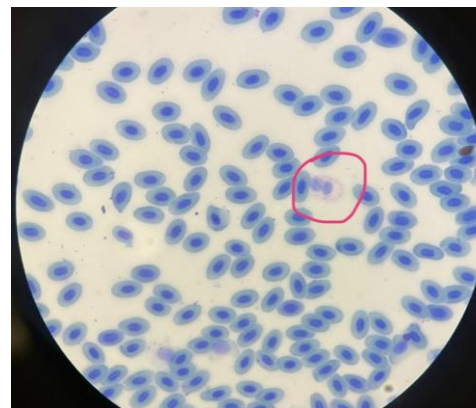


Figura 8. Um heterófilo (circulado em rosa)



Figura 9. Um eosinófilo (mais à direita) e um monócito (mais à esquerda), ambos no mesmo círculo em rosa



Figura 10. Um eosinófilo (circulado em rosa)

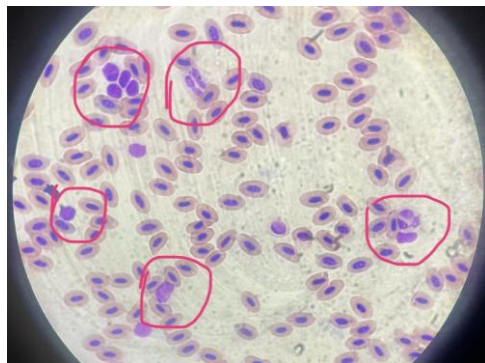


Figura 11. Trombócitos agregados (canto superior esquerdo, circutados em rosa); um linfócito (no meio à esquerda, circulado em rosa); um monócito (posição mais inferior, circulado em rosa); e dois eosinófilos (superior à direita e no meio à direita, circutados em rosa)

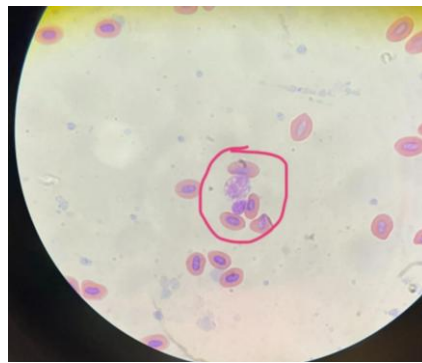


Figura 12. Um eosinófilo (posição mais superior) e um linfócito (posição mais inferior), ambos no mesmo círculo em rosa



Figura 13. Um monócito (circulado em rosa)

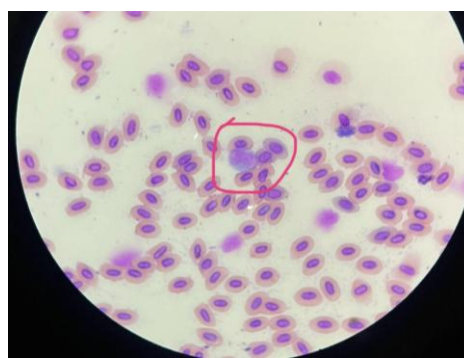


Figura 14. Um monócito (circulado em rosa)



Figura 15. Dois monócitos (circutados em rosa)



Figura 16. Dois monócitos (circutados em rosa)

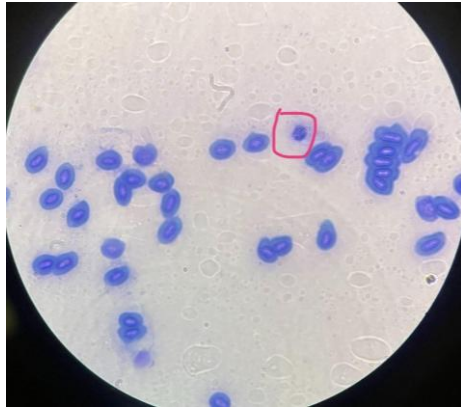


Figura 17. Um basófilo (circulado em rosa)

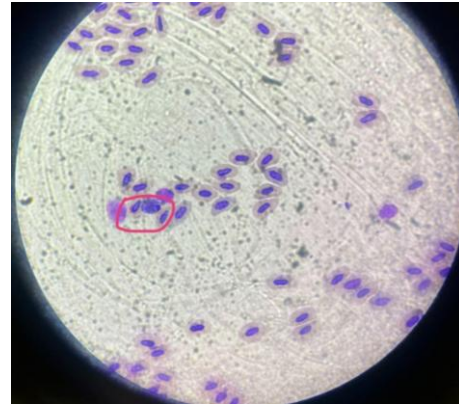


Figura 18. Um basófilo (circulado em rosa)



Figura 19. Um heterófilo (posição mais superior, circulado em rosa) e um agregado de trombócitos (posição mais inferior, circulado em rosa)



Figura 20. Um monócito (posição mais superior, circulado em rosa) e um agregado de trombócitos (posição mais inferior, circulado em rosa)