



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E  
HEMOPARASITÓLOGICOS DE *Columbina talpacoti* (Aves:  
Columbiformes): UM ESTUDO COMPARATIVO NOS  
AMBIENTES URBANO E NATURAL**

**Regiane da Silva Rodrigues**

**UBERLÂNDIA**

**Fevereiro – 2017**

Regiane da Silva Rodrigues

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E  
HEMOPARASITÓLOGICOS DE *Columbina talpacoti* (Aves:  
Columbiformes): UM ESTUDO COMPARATIVO NOS AMBIENTES  
URBANO E NATURAL**

“Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção de título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.”

Orientador:

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior

UBERLÂNDIA

Fevereiro - 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

R696a Rodrigues, Regiane da Silva, 1991  
2017 Avaliação de parâmetros fisiológicos e hemoparasitológicos de  
Columbina talpacoti (Aves: Columbiformes) / Regiane da Silva  
Rodrigues. - 2017.  
38 f. : il.

Orientador: Oswaldo Marçal Júnior.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de  
Recursos Naturais.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.80>  
Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Aves - Teses. 3. Hematologia - Teses. 4.  
Urbanização - Teses. I. Marçal Júnior, Oswaldo. II. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e  
Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

---

Marcello Mundim Rodrigues – CRB-6/3275

Regiane da Silva Rodrigues

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E  
HEMOPARASITÓLOGICOS DE *Columbina talpacoti* (Aves:  
Columbiformes): UM ESTUDO COMPARATIVO NOS  
AMBIENTES URBANO E NATURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais".

APROVADA em

Prof. Dr. Ana Elizabeth Iannini Custódio

UFU

Dr. Graziela Virginia Tolesano Pascoli

UnB

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior

UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA

Fevereiro - 2017

**“Eu te asseguro não chore não, viu  
Que eu voltarei, viu  
Meu coração”**

**(Luiz Gonzaga, 1973 “Asa branca”)**

*Dedico este trabalho*

*Aos meus pais, Regina e Moacyr pelo exemplo e amor incondicional*

*Ao meu irmão, Rafael, pelo apoio e amor*

*Ao meu afilhado, João Lucas, felicidade dos meus dias.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Regina e Moacyr, pelo apoio em qualquer situação, por me encorajar a sempre ir em busca dos meus sonhos e jamais desistir frente às adversidades que passei (que foram muitas). Amo vocês incondicionalmente!

Ao meu orientador e grande conselheiro Oswaldo, agradeço principalmente pela confiança, por ter ficado ao meu lado em momentos difíceis, pelos puxões de orelha e pelo grande apoio que recebi quando apareceu a oportunidade de trabalhar durante o mestrado. Não foi tarefa fácil! Mas com os seus conselhos e apoio tudo ficou mais tranquilo de lidar.

Agradeço a Kelma Torga, Alexandre Franchin e Graziela Pascoli, por terem me ensinado tudo o que sabiam sobre a aves e a cada consultoria me fazendo me apaixonar mais e mais por esses animais fantásticos.

A todo o corpo pedagógico e docente do IFTM – Campus Ituiutaba, pela recepção e compreensão durante esse período. Agradeço principalmente ao diretor geral Rodrigo Grassi e ao coordenador Henrique Sobreira, por estarem sempre dispostos a me ajudar, seja trocando aulas com outros professores ou me liberando de reuniões para que eu pudesse manter meu cronograma do mestrado em dia.

Também agradeço aos meus alunos de 2016, pela compreensão que eu estava na escola apenas até quarta (acho que foi o que mais ouviram de mim durante todo o ano rs), por colaborarem para que o nosso trabalho fosse desenvolvido da melhor forma e pelo carinho e as risadas que sempre demos, fazendo eu esquecer todo o estresse que era ir e vir toda a semana de Udi-Itba, vocês são únicos! Aos que formaram, sentirei saudades. Agradeço em especial a minha monitora, Anna Paula Araújo, que tanto me ajudou nesse ano, sempre me recebendo com um imenso sorriso e com a cabecinha cheia de curiosidade para esse mundo fantástico que a biologia nos apresenta. Obrigada de coração!

A minha amiga e irmã que o mestrado trouxe, Luana Pfeffer, que além das nossas festas de todo final de semana, viagens inesquecíveis, cervejas de toda quinta na Tonha, sempre esteve disposta a levantar às 5h da manhã pra ir pra campo comigo, mesmo que até as 8h você ainda estivesse dormindo acordada. Obrigada pela amizade e carinho!

Aos meus amigos Bruno Ferreira e Stéfanny Tadine, pela amizade de anos e pela colaboração em algumas metodologias dessa dissertação.

A minha grande amiga-irmã Juliana Quirino, pela amizade e torcida de tantos anos, e por ter virado a noite comigo fazendo referências bibliográficas. Você tornou esse período da escrita da dissertação mais divertido.

A minha amiga Lívia Massabni, pela amizade e companheirismo, principalmente nesses dois anos que foram carregados de tantas mudanças, mas que com essa enorme calma, transformaram os meus momentos de desespero, em momentos de reflexão e aprendizado, regados a muita cerveja e sushi.

Ao meu grande amigo Victor Penha, também conhecido como meu irmão gêmeo branco. Pela paciência de me ajudar com essa pesquisa, por me ensinar tanto, pelas coletas na área natural, pela disposição de ter ido a Belo Horizonte por mim, na UFMG para correr as amostras em PCR, por ter ouvido cada áudio de 2 minutos no whatsapp que continham todo meu desespero rs, e claro, pelas cervejas para desestressar. Se não fosse você, jamais teria conseguido terminar em tempo essa dissertação! Muito obrigada mesmo Loirão!

Aos amigos da turma do mestrado (ButECO), vocês foram a melhor turma! Companheiros desde as horas de desespero nas provas de estatística e até nas melhores nas festas que Udi e a PPECO puderam proporcionar.

Ao laboratório de malária, da professora Érika Braga, na UFMG, pelo suporte na investigação de hemoparasitos por PCR.

Ao prof Dênis Coelho, pela amizade, pelo ótimo curso de campo e por ceder o microscópio de imagem que me deu tanta sorte!

Por fim, agradeço ao CnPq pela bolsa nos 12 primeiros meses do mestrado e a toda equipe da Pós graduação em Ecologia – UFU, que me deram toda a estrutura para finalizar essa dissertação e me tornar uma profissional melhor.

## ÍNDICE

<b>RESUMO.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Interações hospedeiro-parasito em aves.....	3
1.2 Avaliação da saúde em aves em ambientes fragmentados .....	7
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos .....	9
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
3.1 Área de estudo.....	10
3.1.1 Área urbana.....	10
3.1.2 Área natural.....	11
3.2 <i>Columbina talpacoti</i> como objeto de estudo .....	12
3.3 Coleta de dados .....	13
3.3.1 Captura e marcação das aves .....	13
3.3.2 Coleta das amostras de sangue.....	15
3.3.3 Análise dos esfregaços sanguíneos .....	15
3.3.4 Diagnóstico de infecção por hemoparasitas por PCR.....	16
3.3.5 Cálculo da parasitemia.....	17
3.3.6 Cálculo da condição corporal .....	17
3.3 Análise dos dados .....	13
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
4.1 Parâmetros fisiológicos e hemoparasitológicos .....	19
4.2 Hemoparasitos.....	22
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>28</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>29</b>

## RESUMO

Rodrigues, Regiane S. 2017. Avaliação de parâmetros fisiológicos e hemoparasitológicos de *Columbina talpacoti* (Aves: Columbiformes): um estudo comparativo nos ambientes urbano e natural. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 38p.

A urbanização determina fortes pressões sobre as populações naturais. A riqueza e a abundância de espécies mais sensíveis à urbanização diminuem, enquanto espécies generalistas e/ou oportunistas tendem a se tornar mais comuns, gerando um processo de homogeneização biótica. Outra mudança importante é representada pelo aumento de níveis de transmissão de parasitos, aspecto que vem sendo investigado, principalmente entre aves. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar se os indivíduos de *Columbina talpacoti* respondem de formas diferentes em relação aos ambientes naturais e ambientes urbanizados através da análise de índices hematológicos (razão heterófilos/linfócitos e leucócitos globais), parasitológicos (prevalência e parasitemia de hemoparasitos causadores da malária aviária) e índice de condição corporal. O estudo foi realizado no município de Uberlândia (MG). Foram estabelecidos 4 pontos de coleta dentro da cidade e 7 pontos de coleta na Reserva particular do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia. As capturas foram realizadas de março/2016 à outubro/2016, com redes de neblina. As aves foram capturadas e submetidas a procedimentos de coleta de sangue e medições biológicas. A coleta do sangue foi realizada através de venopunção braquial, com uma gota de sangue não heparinizado foi confeccionado o esfregaço sanguíneo, duas gotas de sangue foram acondicionadas em álcool absoluto em microtubos para posterior extração do DNA e investigação de haemosporídeos por PCR. A análise dos dados foi realizada através do teste-t e U-Mann-Whitney para verificar a existência de diferenças significativas entre os parâmetros analisados entre áreas urbanas e naturais. Para avaliar se há correlação nos parâmetros avaliados, os dados foram submetidos a correlação de Pearson e de Spearmann. Apenas a razão de heterófilos/linfócitos, que indica estresse, foi maior para área urbana do que na natural ( $t=3,673$ ;  $p<0,05$ ), os demais índices avaliados não apresentaram diferenças significativas. Também não foram observadas diferenças significativas entre os parâmetros avaliados com o sexo. O teste de correlação mostrou que apenas o índice de H/L relacionou-se positivamente com os leucócitos totais ( $rs=0,394$ ;  $p<0,05$ ), os demais itens não apresentaram correlação entre si. Estes resultados indicam que os animais estão mais estressados no ambiente urbano, mas que com a disponibilidade alta de recursos alimentares em conjunto com a plasticidade fenotípica dos indivíduos, a condição corporal não se altera em nenhuma das áreas. Além disso, como as infecções avaliadas estão em estágio crônico, os sintomas da doença são brandos e quase inexistentes.

**Palavras-chave:** Avifauna, malária aviária, hemoparasitos, hematologia, urbanização

## ABSTRACT

Rodrigues, Regiane S. 2017. Evaluation of physiological and hemoparasitological parameters of *Columbina talpacoti* (Aves: Columbiformes): a comparative study in urban and natural environments. Brazil. MSc.thesis. UFU. Uberlândia-MG. 38p.

Urbanization creates strong pressures on natural populations. Both richness and abundance of more susceptible species diminish due to urbanization, while generalized and / or opportunistic species tend to become more common, leading to a process known as biotic homogenization. Another important contribution of Urbanization is represented by the increasing rates in parasite transmission, mainly among birds. In this sense, the main purpose of this study was to evaluate how individuals of *Columbina talpacoti* respond in different special gradients: natural and urbanized environments. Three indices were analyzed: hematological, parasitological (avian malaria prevalence and parasitemia) and body condition. The study was carried out in the city of Uberlândia (MG). There were 4 collection points within the city and 7 collection points in the Clube de Caça e Pesca Itororó de Uberlândia. Captures were carried out from March 2016 to October 2016, by using mist nets, and collecting a blood sample and morphometric measurements from each individual. Blood collection was done through a venipuncture, getting a drop of non-heparinized blood to make three blood smears. Two blood drops were conditioned in absolute alcohol in microtubes for later DNA extraction and PCR procedures. Data analysis was performed using Mann-Whitney test to verify the existence of significant differences between the patterns analyzed between urban and natural areas. The data was submitted to both Pearson and Spearmann correlation test to check for possible correlation among the variables. Only one hematological index (heterophilic / lymphocyte ratio), which indicates stress, was higher for the urban than natural area ( $t = 3.673$ ,  $p < 0.05$ ). The other indices were not statistically significant. There were also no significant differences between sex identities as well. Only the H/L index was positively related to the total leukocytes ( $rs = 0.394$ ,  $p < 0.05$ ), shown by the correlation tests. These results indicate that animals are more stressed in the urban environment. Having high food availability coupled with a phenotypic plasticity of individuals, body condition did not change in any of the areas. In addition, since the infections evaluated are in the chronic stage, the symptoms of the disease are mild and almost non-existent.

Keywords: Avifauna, avian malaria, hemoparasites, hematology, urbanization.

## 1. INTRODUÇÃO

A população humana apresenta um crescimento populacional contínuo que afeta o mundo natural de diversas formas. Em 2008, a taxa de crescimento se aproximava de 2% ao ano, sendo contabilizados quase 6,6 bilhões de pessoas (Ricklefs, 2008), atualmente a taxa média em todos os países se aproxima de 1% (Zahid et al., 2016). Contudo, apesar do declínio do crescimento populacional, muitos dos ecossistemas já são diretamente dominados pelos seres humanos, outros sofrem com suas influências (Vitousek et al., 1997). Por exemplo, foi possível observar o aumento da concentração de um dos principais gases do efeito estufa, o dióxido de carbono, que subiu em torno de 30% desde a Revolução Industrial no século XVIII, proveniente principalmente da queima de combustíveis fósseis e desmatamento (Vitousek et al., 1997; Aidar et al., 2002;). Ainda em prol do desenvolvimento industrial, áreas antes destinadas à preservação foram invadidas e/ou destruídas, resultando no esgotamento de todos os seus recursos naturais (Roseiro & Takayanagi, 2004). Estas grandes porções da superfície terrestre que sofreram conversão de sua vegetação original em áreas agrícolas, industriais ou cidades, caracterizam o processo de urbanização (Shanahan et al., 2014), que tem efeito devastador não apenas na flora, mas também na fauna nativa (Marzluff et al., 2001)

O aumento da urbanização ocorre hoje em escala global (Bradley & Altizer, 2006) e as áreas urbanas se expandem em pelo menos duas vezes mais rápido que sua própria população (Seto et al., 2012). Estas áreas, decorrentes das alterações antrópicas, podem ser consideradas como novos ecossistemas (Hobbes et al., 2006), identificados por ambientes fragmentados, perturbados (Aronson et al., 2014), com severa diminuição de habitats adequados (Fahrig, 2003) e com consequências ecológicas que se estendem além dos limites urbanos (Bradley & Altizer, 2006).

O processo de urbanização representa uma das principais causas de extinção de espécies, pois diminui a diversidade de espécies nativas sensíveis a alterações do habitat e favorece o aumento de espécies generalistas que se adaptam a este novo ecossistema (Mckinney, 2002; Quesada & MacGregor-Fors, 2010; Aronson et al., 2014). Dentre estas espécies que se beneficiam das alterações ambientais antropogênicas, há aquelas invasoras, muitas vezes introduzidas pelo próprio ser humano, que se dispersam e se reproduzem descontroladamente, desencadeando uma mudança generalizada na distribuição da biota global (Olden et al., 2004). No que se refere à diminuição da diversidade de espécies nativas, a principal causa é a viabilidade populacional que é afetada (Brearley et al., 2013), pois a fragmentação do habitat leva ao isolamento geográfico das populações, causando perda de variabilidade genética e depressão endogâmica (Clark et al., 2011; Vogel et al., 2012), além de interferir nas interações hospedeiro-patógeno (Belo et al., 2011) que podem causar a proliferação de doenças infecciosas (Bradley & Altizer 2006; Alirol et al., 2011) e alterar os processos ecológicos e evolutivos das populações (Brearley et al., 2013). Essa mudança no padrão das comunidades biológicas que ocorre em centros urbanos é denominada homogeneização biótica (Mckinney, 2006) e é considerada uma ameaça, já que reduz drasticamente a particularidade biológica local (Blair, 2001; Mckinney & Lockwood, 2001; Rooney et al., 2007)

Especificamente nas populações de aves, os efeitos de assentamentos urbanos podem levar à mudanças significativas na estrutura e composição da comunidade (Marzluff, 2001), pois há desafios específicos que estas áreas podem causar a este grupo, como os ruídos gerados nas cidades que interferem na comunicação acústica dos indivíduos, já que esta é uma característica fundamental na história de vida seja para defesa do território e/ou vocalização de atração dos machos para as fêmeas (Mockford &

Marshall, 2009). Bem como desafios gerais aos demais grupos, como aumento de toxinas, escassez de habitat natural, alterações de temperatura e radiação, risco de predação, aumento de parasitas e competidores, diminuição do estado nutricional (Leamy & Klingenberg, 2005) ou intolerância a atividades humana. Em conjunto, estes desafios, podem causar o declínio de muitas espécies endêmicas em detrimento daquelas espécies que são capazes de explorar estes ambientes, seja através da facilidade de encontro de água, alimento, pontos de nidificação e/ou redução de predadores e competidores (Marluff, 2001). Resultando em uma comunidade muitas vezes rica em biomassa, mas dominada por poucas e, normalmente, espécies não nativas (Alberti et al., 2001).

A espécie humana está causando atualmente um dos mais rápidos episódios de extinção na história da Terra (Pimm et al., 1995) e o crescimento urbano auxilia fortemente para que isso ocorra, impondo um grande desafio para a conservação da biodiversidade (Kowarik, 2011). Apesar das consequências das atividades antrópicas nas demais espécies serem amplamente difundidas, os meios para reverter significativamente este quadro de degradação do patrimônio natural ainda são defdicientes e pouco executados (Miller, 2005), sendo um dos maiores desafios do século 21 o desenvolvimento econômico e social sem abandonar a preservação ambiental (Gwynne et al., 2010).

### **1.1.*Interações hospedeiro-parasito em aves***

A evolução dos parasitos ocorreu independentemente em diferentes táxons, de modo que estão distribuídos heterogeneamente em diversos grupos de hospedeiros (Poulin, 2007). A composição das comunidades de parasitos de vertebrados é influenciada por muitas variáveis que incluem história filogenética, especificidade, competição parasitária e parâmetros da história de vida do hospedeiro, tais como tamanho

populacional, hábitos migratórios, composição da dieta e sistemas de defesas contra os parasitos (Clayton & Walther, 2001). Há múltiplas influências que os parasitos podem causar, variando desde simples exploração dos recursos que os hospedeiros têm a ofertar (Mukhin et al., 2016), até complexas alterações comportamentais que maximizam as taxas de transmissão parasitária (Mouritsen & Poulin, 2005). Sendo assim, são fundamentais na ecologia e evolução de seus hospedeiros (Moyer et al., 2002), pois apresentam a capacidade de regular suas populações através da redução da fecundidade e sobrevivência (Garcia-Longoria et al., 2015), além de estarem envolvidos nos mecanismos de seleção natural, a qual favorece certas características fenotípicas sobre outras (Poulin & Thomas, 1999),

Em aves, os parasitos também exercem importante força seletiva, influenciando aspectos como sobrevivência, crescimento e sucesso reprodutivo (Lobato et al., 2011). Neste grupo, a transmissão horizontal (aquele que ocorre entre indivíduos não relacionados) pode aumentar devido aos seus comportamentos sociais (Allander, 1998), bem como a prática de algumas espécies – principalmente coloniais e com hábitos de nidificação em cavidades - reutilizarem ninhos das estações reprodutivas anteriores (Møller, 1990). Embora promova proteção de predadores e de mudanças climáticas, ninhos em cavidades estabelecem microclimas excelentes para o crescimento de parasitos, bactérias, decompositores e detritívoros, devido a presença de fezes, restos de alimentos e penas (López-Arrabé et al., 2014). Sendo assim, as aves são hospedeiras de um amplo número de espécies, tanto de espécies ectoparasitos quanto de endoparasitos, com um destaque maior aos hemoparasitos (Barnes, 1986; Freitas et al, 2002; Valkiunas et al, 2004; Fallon & Ricklefs 2008; Arzua & Valim, 2010).

Entre os ectoparasitos destacam-se os representantes dos insetos: Phtiraptera (malófagos), Siphonaptera (pulgas), Hemiptera, Diptera (moscas, especialmente

Hippoboscidae) e muitos adultos e imaturos de várias espécies de ácaros e carapatos (Acari) (Clayton et al., 2010). Esses ectoparasitos podem prejudicar seus hospedeiros pelos danos teciduais, reações imunes e/ou irritações, além de transmitirem microparasitas através do consumo de sangue (Allander, 1998). Em relação aos endoparasitos, é possível identificar diferentes representantes ao analisar as fezes de aves, encontrando ovos de nematóides (*Ascaridia* spp., *Heterakis* spp., e *Tricurídeos*), cistos de protozoários (*Balantidium* spp., *Blastocystis* spp., *Entamoeba* spp.) e oocistos de coccídeos (Marietto-Gonçalves et al., 2009).

Os estudos mais recentes sobre a interação parasita-hospedeiro em aves focam-se, em geral, nos hemoparasitos. Entre os protozoários destacam-se três gêneros principais, *Plasmodium*, *Haemoproteus* e *Leucocytozoonl*, todos do filo Apicomplexa, ordem Haemosporida (Valkiunas, 2004; Fallon & Ricklefs, 2008; Sá, 2011). Estes são agentes de algumas das doenças mais perigosas em aves, pois afetam o *fitness* do indivíduo, diminuindo sua produtividade e frequentemente são acompanhadas por altas taxas de mortalidade (Valkiunas, 2004; Valkiunas et al., 2004). Os haemosporídeos causadores da malária aviária – relacionados aos dois primeiros gêneros citados – são doenças transmitidas por vetores, na maioria das vezes por mosquitos da família Culicidae, dos gêneros *Culex* e *Aedes* (Atkinson & van Riper III, 1991), que infectam aves de diversas espécies (Valkiunas, 2004; Fallon et al., 2005; Lacorte et al., 2013). A primeira descoberta dessa doença veio no fim do século XIX, logo após da descoberta do parasito da malária humana (Böhme et al., 2016). Atualmente, a malária aviária tem sido amplamente utilizada em pesquisas de modelagem ecológica de sistemas parasito-hospedeiro e o seu estudo é importante para ecologia, conservação e manejo de espécies de aves em áreas naturais (Fallon et al., 2005; Ribeiro et al., 2005).

Muitos estudos de malária aviária têm se baseado na prevalência e diversidade de linhagens dos agentes causadores desta doença. Com o início do tratamento das amostras pela Reação em Cadeia da Polimerase (em inglês, Polymerase Chain Reaction – PCR), amplificando genes específicos do DNA de *Plasmodium* e *Haemoproteus*, foi possível estabelecer a prevalência da doença em baixos níveis da parasitemia, estágio crônico da infecção, quando comparado com os usuais esfregaços de sangue, já que é uma técnica de maior sensibilidade (Fallon et al., 2003b). Entretanto, são relatados alguns problemas em relação aos falsos negativos que esta técnica pode causar, por isso, pesquisas demonstram que a associação de resultados desta técnica à tradicional microscopia é essencial para resultados precisos (Valkiunas et al., 2006), apontando, ainda, que discrepâncias de resultados entre as técnicas para determinar a prevalência de infecções por haemosporídeos, seja decorrente das deficiências metodológicas aplicadas à microscopia (Valkiunas et al., 2008).

Com objetivo de analisar a diversidade de linhagens dos parasitos, os atuais estudos utilizam a amplificação de genes do citocromo *b* (*cyt b*), pois o sequenciamento do DNA desta hemeproteína presente nas mitocôndrias funciona como um marcador molecular para a identificação das diferentes linhagens, já que a morfologia aparentemente não difere (Fallon & Ricklefs, 20008). Esses estudos têm revelado, ainda, que a diversidade de linhagens é tão alta quanto a quantidade de hospedeiros e uma única linhagem pode infectar múltiplas espécies de hospedeiros, fornecendo um importante suporte para vários estudos de modelagem, distribuição, padrões de migração e especificidade dos hospedeiros (Fallon et al., 2003b; Fallon & Ricklefs, 2008; Svoboda et al., 2009; Belo et al., 2011; Lacorte et al., 2013).

## 1.2. Avaliação da saúde em aves em ambientes fragmentados

A fragmentação de habitat, como aquela decorrente da urbanização, causa dois principais efeitos negativos nas populações: primeiro, a transformação de uma paisagem em um alto número de pequenos fragmentos torna o ambiente incapaz de sustentar uma população local; muitas vezes, um pequeno fragmento sustenta apenas o território de um único indivíduo; segundo, há um alto efeito de borda capaz de aumentar a taxa de mortalidade dos indivíduos mais do que a taxa de reprodução (Fahrig, 2003). Além dessas causas primárias, a fragmentação também pode alterar os hábitos da população por processos específicos da espécie, resultando na diminuição da condição corporal principalmente pela deficiência de recursos nutricionais (Janin et al., 2011). Assim, com a quantidade de recursos limitada, um indivíduo não pode investir quantidades iguais de recursos em todas as suas necessidades fisiológicas, restando-o alocar os limitados recursos a diferentes funções (sobrevivência x reprodução) que resultam em inúmeros *trade-offs* (Sheldon & Verhulst, 1996). Neste aspecto, a função imune e condição corporal podem desempenhar um importante papel nos mecanismos por trás dos *trade-offs* da história de vida, já que ambos os traços estão intimamente relacionados com a saúde, qualidade e vigor do indivíduo (OTS et al., 1998; Peig & Green, 2009).

A condição corporal é uma medida do status nutricional de um indivíduo que reflete suas reservas energéticas, tais como gordura e proteínas, (Peig & Green, 2009) e é uma métrica importante na determinação do *fitness* (Green, 2001). Muitas técnicas são utilizadas para avaliar o índice de condição, como o Índice de Lípides proposto por Johnson et al. (1985), onde há dissecção do animal e extração direta dos lipídeos. Entretanto, há técnicas menos invasivas e não destrutivas que se baseiam na relação da massa corporal com medidas lineares do tamanho corporal (Brown, 1996). O principal objetivo destes métodos é separar a massa corpórea existente devido a estrutura do corpo

do animal daqueles aspectos que refletem gordura e outras reservas energéticas (Green, 2001). Muitos estudos correlacionam a condição corporal de aves com alterações climáticas e genéticas (Møller & Erritzøe, 2003; Norte et al., 2009), influências de parasitos no hospedeiro, defesa territorial (Figueroa et al., 1999; Whiteman & Parker, 2004) e com a resposta imune (Merino et al., 2000), mostrando que a condição corporal responde negativamente à agentes estressores e é afetada, já que é acompanhada de aumento de alocação de recursos em resposta a estes agentes (Ardia, 2005; Valkiunas et al., 2006).

Em aves, para avaliar a saúde, também é comum se utilizar parâmetros fisiológicos que incluem exames hematológicos que checam hemoglobina e hematócrito (avaliam status nutricional), taxa de células brancas (indicadores de infecção) e a fração heterófilo/linfócito (indicadores de estresse) (Lobato et al., 2011). A contagem global e diferencial das células brancas do sistema sanguíneo, chamadas de leucócitos, permite investigar como o sistema imunológico é afetado pelos diversos agentes estressores. São encontrados cinco tipos de leucócitos, divididos em dois grupos distinguidos por possuírem ou não grânulos citoplasmáticos, sendo parte dos **granulócitos** os heterófilos, eosinófilos (ambos reconhecidos como acidófilos) e basófilos, dos **agranulócitos** estão os linfócitos e monócitos (Clark et al., 2009). Com a contagem global de leucócitos é possível obter a taxa heterófilo/linfócito (H/L), que tornou-se amplamente aceita como um indicador fisiológico confiável e preciso de resposta ao estresse de aves domésticas (Campo & Davila, 2002). O primeiro estudo foi conduzido por Gross & Siegel (1983), onde observaram o aumento de heterófilos e linfócitos, com aumento da taxa H/L, ao aumentar os níveis de corticosterona na dieta alimentar e por exposição à atividades sociais estressantes em galinhas.

Portanto, avaliar o conjunto desses parâmetros em aves indica a relação do organismo com o seu ambiente, pois a composição sanguínea correlaciona-se fortemente com a saúde e condição corporal, refletindo a qualidade do habitat em que o indivíduo se encontra (Brown, 1996).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Avaliar as respostas fisiológicas de indivíduos de *Columbina talpacoti* em relação aos ambientes natural e urbano, por meio da análise de índices hematológicos, parasitológicos e condição corporal fora do período reprodutivo.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Comparar a prevalência e a parasitemia de haemosporídeos, bem como condição corporal, leucócitos globais e nível de estresse em indivíduos da espécie *C. talpacoti* presentes na área urbana e em ambientes naturais
  - **Hipótese 1:** Indivíduos da área urbana estarão mais estressados e consequentemente com mais leucócitos globais do que os indivíduos da área natural, assim, a parasitemia será maior nessas áreas.
2. Comparar se há diferenças significativas nos parâmetros analisados entre machos e fêmeas
  - **Hipótese 2:** Não há diferenças significativas entre os parâmetros analisados entre os sexos, pois o comportamento social desta espécie indica que todos os indivíduos estão expostos aos mesmos agentes estressores, tanto na área urbana quanto natural.

3. Avaliar se há relação da parasitemia com o nível de estresse e leucócitos globais, bem como, se os parâmetros hematológicos avaliados em *C. talpacoti* se correlacionam.
  - **Hipótese 3:** O sistema imune e o nível de estresse de *C. talpacoti*, avaliados pela taxa global de leucócitos e a razão heterófilos/linfócitos respectivamente relacionam-se entre si e com a parasitemia.
4. Avaliar se há relação dos índices hematológicos e parasitêmicos com condição corporal
  - **Hipótese 4:** Indivíduos com maiores taxas de glóbulos brancos globais, razão H/L e parasitemia terão menor condição corporal

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Área de Estudo**

O estudo foi realizado na cidade de Uberlândia – MG, localizada na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (MG), com área total de 4.115,82 km<sup>2</sup>, dos quais 219 km<sup>2</sup> são de área urbana e com uma população de 539.162 habitantes (2.462 km<sup>2</sup>), com uma taxa de crescimento anual de 3.31% (Toledo et al., 2009). Está inserida em uma região de domínio de Cerrado (*Lato Sensu*), com áreas naturais isoladas a locais restritos (Araújo et al., 1997). O clima é classificado como tropical de altitude e apresenta nítida sazonalidade, com período de chuva de outubro a março e seca de abril a setembro, com temperaturas médias mais baixas no período seco e as mais altas no verão, com picos de 35°C (Alvarenga et al., 2007; Rosa et al., 2011).

##### **3.1.1. Área Urbana**

Para avaliar a resposta em ambiente urbano dos indivíduos de *Columbina talpacoti*, foram selecionados quatro pontos de coleta, levando em consideração principalmente os registros visuais de maior presença das aves, preferencialmente onde os bandos estavam forrageando. Além disso, houve a necessidade da montagem das redes em áreas com menor número de pessoas caminhando aos arredores para que não houvesse distrações, já que esta técnica requer do anilhador atenção com a captura, contenção e manuseio das aves, a fim de que as mesmas não sofram com a carga de estresse ou, até mesmo, sejam lesionadas (IBAMA, 1994). Os pontos localizaram-se principalmente em praças e terrenos baldios, apontados na figura 1.

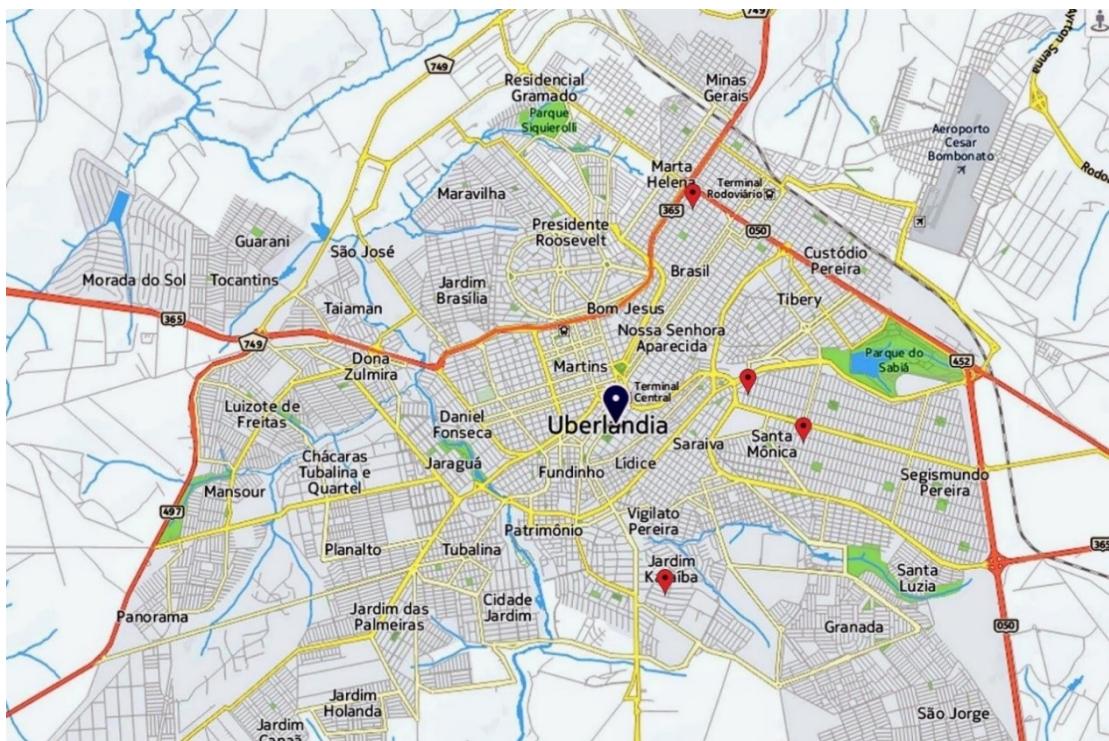


FIGURA 1: Mapa da cidade de Uberlândia – MG, evidenciando o centro da cidade (marcador azul) e os 4 pontos utilizados para a captura das aves (marcadores vermelhos). Fonte: Google Maps

### 3.1.2. Área Natural:

Para avaliar as respostas fisiológicas de *C. talpacoti* em áreas naturais, o estudo foi realizado na Reserva Particular do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia, MG. Esta reserva situa-se no setor sul do município, a oito quilômetros de distância, entre as coordenadas 18° 59' S e 48° 18' W, com altitude aproximada de 890 m (Cardoso & Lomônaco, 2003). Apresenta uma reserva natural de 127 ha, com predominância do Cerrado sentido restrito, porém há outros tipos fisionômicos como Mata Mesófila, Mata de Galeria e Vereda (Alvarenga et al., 2007) (Figura 2). O clima é caracterizado por duas estações marcantes, com estação úmida alcançando temperaturas de 35°C e estação seca com média anual de 22°C (Nimer & Brandão, 1989). Assim, foram selecionando sete pontos de coletas, com a finalidade de contemplar todos os tipos fitofisionômicos da reserva.

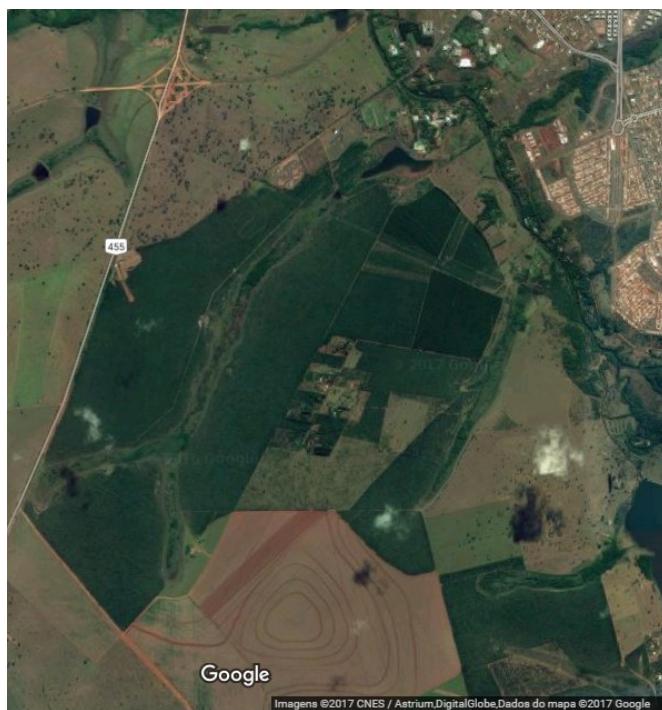


FIGURA 2: Imagem de satélite da Reserva Particular do Clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia-MG e seu entorno, visualiza a uma altura de 1 km. Fonte: Google Earth

### 3.2. *Columbina talpacoti* como objeto de estudo

Dentre as espécies de aves mais comuns nos meios urbanos e naturais estão vários representantes da ordem Columbiformes, grupo com distribuição mundial (Adriano & Cordeiro, 2001). Atualmente, Columbidae é constituída por mais de 300 espécies de aves (Pereira et al. 2007), primariamente granívoras e frugívoras (Bennett & Peirce, 1990). Segundo Sick (1984), 21 espécies de columbídeos são encontrados no Brasil e algumas espécies representantes dessa ordem tem a capacidade de adaptar-se ao meio urbano, como é o caso da *Columbina talpacoti* (Temminck, 1811). Esta espécie, conhecida popularmente como Rolinha-caldo-de-feijão, que mede, em média, 17 centímetros, sendo abundante e de ampla ocorrência em áreas abertas com árvores, além de ocorrer em cidades, principalmente próximo de casas. Há dimorfismo sexual, com o macho sendo cinza-rosado, mais claro na face e garganta e coroa cinza-azulada, já a fêmea mais apagada, marrom-clara por cima e parda por baixo. Encontra-se em casais ou em grupos, formando bandos maiores fora da época de cria. Normalmente alimenta-se enquanto caminha pelo chão e grandes números visitam comedouros com sementes. (Gwyinne et al., 2010). Em Uberlândia, a ocorrência e a ampla distribuição de Columbídeos têm sido demonstradas em diversos estudos (Franchin & Marçal Júnior, 2002; Franchin et al., 2004; Franchin & Marçal Júnior, 2004; Torga et al., 2007, Valadão et al., 2006a, 2006b), sendo que *C. talpacoti* está presente em todos eles.

### **3.3. Coleta de Dados**

#### **3.3.1. Captura e marcação das aves**

A aves foram capturadas entre o período de março de 2016 à outubro de 2016, caracterizado pela estação de seca. Foram utilizadas redes de neblina (10 x 2,5 m, com 38 mm de diâmetro), dispostas em transectos lineares, com mínimo de dois e máximo dez redes, no período de 6:30h e 12h, totalizando um esforço amostral de aproximadamente

20.625 horas.m<sup>2</sup> (Straube & Bianconi, 2002). Os transectos foram percorridos buscando definir os pontos de maior presença de aves da espécie *Columbina talpacoti*, preferencialmente onde os bandos forrageavam. Foi ofertada ração de milho em torno das redes para facilitar a aproximação e captura das aves. A fim de evitar recapturas, as redes foram trocadas de lugar na próxima visita, já que os indivíduos desta espécie apresentam o hábito de frequentar as mesmas áreas de alimentação, enquanto há alimento disponível (Adriano & Cordeiro, 2001).

Os indivíduos capturados foram anilhados de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo Centro de Pesquisas para a Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE/IBAMA). Durante o manuseio das aves foi avaliada a ausência de placa de incubação, caracterizada pela inexistência de vascularização evidente na área do peito e abdômen, ambos emplumados, não indicando perdas ou reposições de penas (IBAMA, 1994). Do mesmo modo foram avaliados parâmetros morfológicos para identificação da estação de mudas de penas, caracterizada pela presença de “canhões” de penas no corpo e simetricamente nas rémiges.

Para o cálculo de condição corporal, foram registrados o peso do animal, mensurados através de balanças do tipo dinamômetro (Pesola®) com escalas de 60 e 100g e medidas morfométricas do tarso direito com paquímetro digital MTX®. Também foram anotadas a presença de mudas de penas e a presença de placa incubatória, segundo o Manual de Anilhamento de Aves Silvestres (IBAMA, 1994), com o propósito de identificar que os animais capturados não estavam sofrendo estresse pelo período reprodutivo.

Após a coleta de dados morfométricos e amostras sanguíneas, os indivíduos capturados foram soltos no mesmo ambiente.

### **3.3.2. Coleta das amostras de sangue**

As aves possuem o volume total de sangue correspondente a aproximadamente 7% do seu peso corporal. Desta forma, o volume máximo coletado obedeceu a um padrão dependente do peso do indivíduo, onde apenas 10% do volume total de sangue pode ser extraído da ave (Campbell, 1995). A coleta de sangue foi realizada através de venopunção branquial de uma das asas da ave, previamente esterilizadas, utilizando agulha de insulina estéril descartável (30 x 3 mm). Uma gota de sangue foi utilizada para realizar 2-3 esfregaços sanguíneos, posteriormente secos à temperatura ambiente, fixados em metanol absoluto durante 1 minuto e corados pelo método de Giemsa durante 1 hora, segundo o protocolo de Valkiūnas (2004). Duas gotas de sangue foram coletadas e acondicionadas em microtubos contendo álcool absoluto para posterior extração de DNA e investigação de haemosporídeos por PCR. Os tubos e as lâminas foram identificados com o número da anilha, data e local da coleta.

### **3.3.3. Análise dos esfregaços sanguíneos**

As lâminas coradas foram examinadas em microscópio em aumento de 100x em óleo de imersão, analisando 100 campos por lâmina (área de aproximadamente 13,2  $\mu\text{m}$ ), onde a contagem global de glóbulos brancos para determinar o valor absoluto do número de leucócitos por mililitro de sangue foi feito por estimativa, não utilizando câmara de Neubauer. Em cada campo também foram registradas as quantidades de células vermelhas imaturas e células vermelhas infectadas pela presença de parasitas e quantidade de leucócitos totais,

A contagem diferencial com a finalidade de identificar os diferentes morfotipos de leucócitos – heterófilo, eosinófilo, basófilo, linfócito e monócitos – revelam as

quantidades relativas de cada tipo, seguindo a técnica de zig-zag de Shilling até o total de 100 células brancas encontradas. Para auxiliar na identificação dos morfotipos dos glóbulos brancos foram utilizados atlas de hematologia de aves (Clark et al., 2009; UFRGS, 2016).

### **3.3.4. Diagnóstico de infecção por hemoparasitas por PCR**

Nas amostras acondicionadas nos microtubos em álcool, foram adicionados 250 µL de tampão de lise (proteínase K) e deixadas em banho maria (60°C), por 18 horas. Em seguida os microtúbulos foram agitados em vórtex por 15 segundos e centrifugados por 20 segundos a 14000 rpm. Foram adicionados 125 µL de fenol (pipetando-se a fase do fundo) e 125 µL de clorofórmio para solubilizar as proteínas. Após esse procedimento, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 14000 rpm. A fase sobrenadante foi pipetada e depositada em outro novo microtúbulo devidamente identificado, descartando os tubos com fenol-clorofórmio em local apropriado. Foi adicionado ao novo microtúbulo 300 µL de clorofórmio-álcool-isoamílico 1:24, invertendo-os cuidadosamente, e depois, centrifugando por 5 minutos a 14000 rpm. A parte inferior foi pipetada e descartada em local apropriado, e depois foi adicionado 300 µL de clorofórmio, centrifugando novamente por 5 minutos a 14000 rpm. Após retirar da centrifuga, a fase superior foi novamente pipetada e descartada em local apropriado. Assim, foram adicionados 600 µL de isopropanol gelado, e depois centrifugadas por 20 minutos a 14000 rpm. Após os vinte minutos, os tubos foram abertos e seguido de descarte do conteúdo em local apropriados. O mesmo procedimento foi feito adicionando 600 µL de etanol 70%. Após retirada da centrifuga e descarte do conteúdo, as amostras foram deixadas em estufa por 40 minutos

para que o interior do microtúbulo ficasse seco. Por fim, foram adicionados 30 µL de água milli-q, para suspender o DNA, e armazenadas em freezer a -20°C até análise.

Para a detecção molecular, o DNA extraído foi examinado para a presença de infecções de *Plasmodium* e/ou *Haemoproteus* por reação em cadeia de polimerase (PCR), utilizando iniciadores 343F (59GCTCACGCATCGCTTCT39) e 496R (59GACCGGTCACTTCCTTG39), com base no protocolo descrito por Fallon et al. (2003).

### **3.3.5. Cálculo da parasitemia**

O número total de eritrócitos infectados foi calculado com base no número de 200 eritrócitos estimados por campo, calculando uma porcentagem usando regra de três com base no número de células vermelhas infectadas por parasitos presentes em dez mil hemácia (Godfrey et al., 1987; Valkiunas, 2004). Portanto, a medida de parasitemia significa porcentagem de hemácia infectadas a cada dez mil células.

### **3.3.6. Cálculo da condição corporal**

Na literatura há algumas técnicas utilizadas para calcular o índice de condição corporal (ICC) e não há um consenso sobre o melhor índice. Neste trabalho, optou-se por utilizar o método chamado de “Índice de massa em escala”, proposto por Peig & Green

(2009), que é calculado pela seguinte equação:  $\widehat{M}_i = M_i \left[ \frac{L_0}{L_i} \right]^{b_{SMA}}$ , em que  $M_i$  e  $L_i$  são medidas de massa corporal e comprimento de uma parte do corpo do indivíduo  $i$ , respectivamente;  $L_0$  é um valor arbitrário de  $L$  (ex. média aritmética do valor de comprimento do tarso direito da população estudada); e  $\widehat{M}_i$  é a massa corporal prevista para o indivíduo  $i$  quando a medida de comprimento é padronizada em  $L_0$ ;  $b_{SMA}$  é o expoente escalar estimado por uma regressão SMA da massa corporal ( $M_i$ ) pelo

comprimento corporal ( $L_i$ ). O expoente  $b_{SMA}$  pode ser calculado indiretamente ao dividir o declive de uma regressão dos quadrados mínimos ordinários ( $b_{OLS}$ ) pelo coeficiente da correlação de Pearson, ou diretamente utilizando softwares (Bohonak & van der Linde, 2004), como o utilizado neste trabalho através do Smatr.

A regressão SMA é um erro no modelo das variáveis que melhor considera a interdependência da massa corporal pelo comprimento (Peig & Green, 2009). Para cada espécie o valor de  $b_{SMA}$  retira qualquer efeito de confusão do crescimento e ainda fica em concordância com a teoria do dimensionamento de expoentes de Green (2001).

### **3.4. Análise dos dados**

Os dados foram testados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste apontou que o índice condição corporal (ICC), a razão heterófilo/linfócito (H/L) e leucócitos globais (LG) estiveram dentro da normalidade. O índice de parasitemia não apresentou distribuição normal. Para avaliar a existência de diferenças significativas do ICC, H/L, LG e parasitemia entre a área urbana e a área natural, bem como para os sexos, foram realizados testes-t ou teste-U Mann-Whitney, segundo a normalidade dos dados (Objetivo 1). Para avaliar se houve relações significativas da parasitemia com os índices hematológicos (Objetivo 2), bem como do ICC com a parasitemia e os índices hematológicos realizaram-se o teste de correlação de Pearson para dados paramétricos e Spearman para dados não paramétricos, após confirmar todas as premissas do teste (Zar, 1998). Os testes estatísticos foram conduzidos pelo programa *Systat 12*, a um nível de significância de 95%.

A prevalência dos hemosporídios foi estimada como porcentagem de aves infectadas por pelo menos um parasito. Esta é uma análise comumente aplicada a estudos parasitológicos (Bush et al., 1997).

## 4. RESULTADOS

Foram capturados 33 indivíduos de *Columbina talpacoti*, sendo 15 na Área natural (6 fêmeas e 9 machos) e 18 da Área urbana (10 fêmeas e 8 machos). Nenhum dos espécimes apresentava placa de incubação e nem qualquer parâmetros morfológicos propostos que indicasse estação de muda.

### 4.1. Parâmetros fisiológicos e hemoparasitológicos

O índice de heterófilos/linfócitos ( $t_{31}=3,673$ ;  $p<0,05$ ) foi superior na área urbana do que na área natural (Figura 3). Para os demais parâmetros analisados, leucócitos globais, índice de condição corporal e parasitemia, não foram observadas diferenças significativas entre as áreas (Tabela 1).

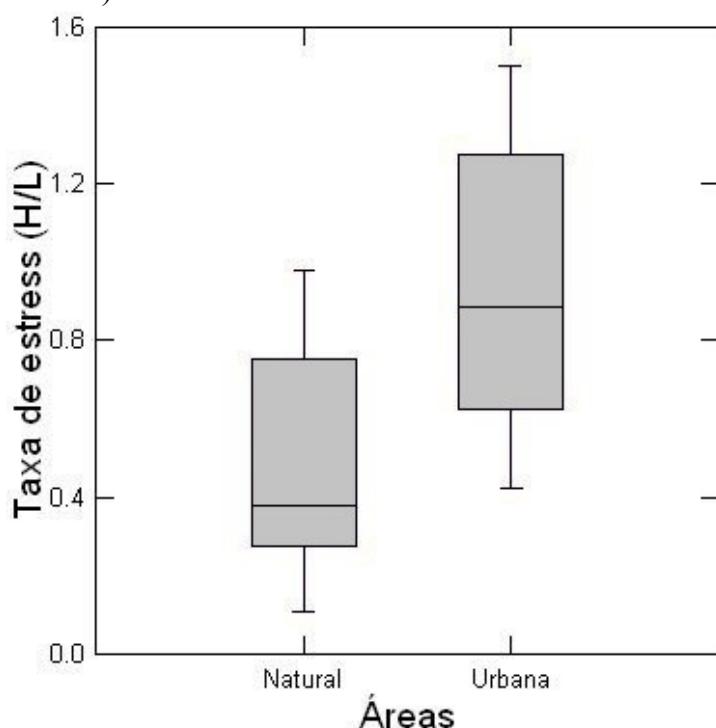


FIGURA 3: Diferenças da taxa de estresse em indivíduos de *Columbina talpacoti* avaliada pela razão heterófilos/linfócitos nas duas áreas amostradas

Parâmetros	Área Natural	Área Urbana	t-teste	U-Mann-Whitney	Df	P
ICC	40.03±7.89	41.19±5.71	0.4991	-	31	0.627
Razão H/L (%)	0.503±0.290	0.920±0.351	3.673	-	31	<b>&lt;0.001</b>
LG (%)	22.40±7.73	24.67±5.28	0.998	-	31	0.326
Parasitemia	0.023±0.028	0.026±0.033	-	132.500	-	0.952

Tabela 1 – Resultados do teste-t e teste U-Mann-Whitney para os parâmetros analisados (média±dp) de *Columbina talpacoti*, nas áreas natural e urbana.

Ao correlacionar os parâmetros hematológicos com o índice de condição corporal e parasitemia, apenas a contagem global de leucócitos correlacionou-se positivamente com a taxa H/L ( $r=0.394$ ,  $p<0.05$ ) (Figura 4). Nos demais parâmetros não foi observado relação significativa. Apesar dessas diferenças não serem significativas, vale apontar que, em geral, as aves com maiores índices de estresse (H/L) apresentaram maiores taxas de parasitemia, como por exemplo duas aves (anilhas H93657 e H93668) apresentaram as maiores taxas de H/L (1.437 e 1.476) e a parasitemia também mostrou-se alta (0.11 e 0.05) em relação à amostra.

Em relação ao sexo, não houve diferenças significativas em nenhum dos parâmetros analisados (Tabela 2).

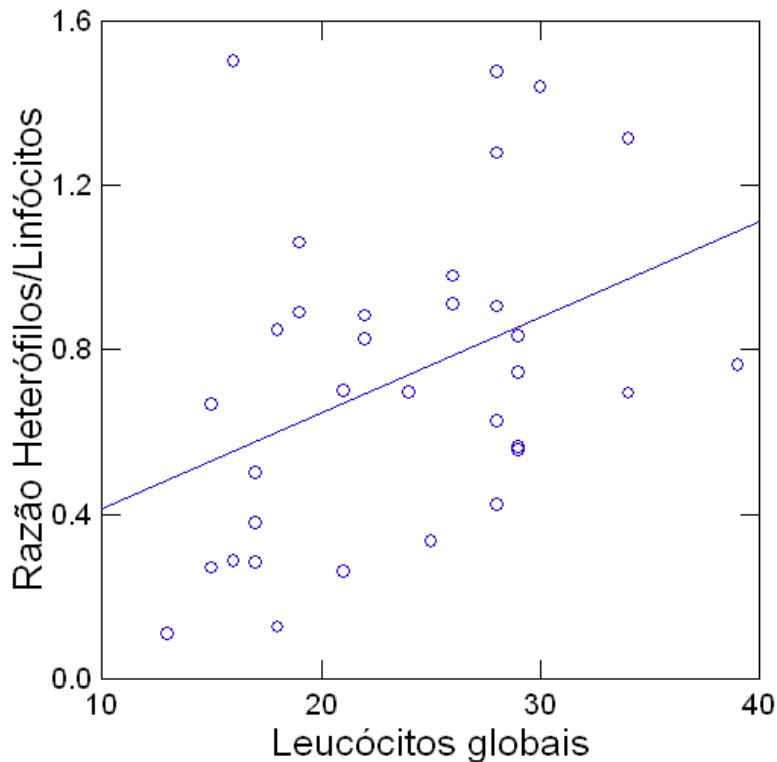


FIGURA 4 – Correlação entre razão heterófilos/linfócitos e leucócitos globais em *Columbina talpacoti*,

Parâmetros	Fêmeas	Machos	t-teste	U-Mann-Whitney	Df	P
ICC	39.73±6.04	41.35±7.23	0.683	-	31	0.499
Razão H/L (%)	0.763±0.369	0.706±0.401	0.422	-	31	0.676
LG (%)	23.14±6.69	24.67±5.28	0.714	-	31	0.714
Parasitemia	0.027±0.035	0.023±0.027	-	138.500	-	0.834

Tabela 2 – Resultados do teste-t e teste U-Mann-Whitney para os parâmetros analisados (média±dp) de *Columbina talpacoti*, em relação aos sexos.

#### 4.2. Hemoparasitos

Na amostra foi observado através da microscopia dos esfregaços de sangue das aves, a ocorrência de duas espécies de hemosporídios, *Haemoproteus* sp e *Plasmodium* sp. Que foram determinadas de acordo com a presença de formas eritrocíticas dos parasitos e confirmadas pela PCR. Das 33 amostras analisadas, 19 indivíduos estavam infectados por

999791665

pelo menos um parasito e, desses, nove indivíduos foram provenientes da área natural e dez da área urbana, com uma prevalência de 60% e 55,6% respectivamente (Tabela 3).

Áreas	Indivíduos	Infectados	Prevalência (%)
Natural	15	9	60
Urbana	18	10	55,6
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>19</b>	<b>57,6</b>

Tabela 3 – Prevalência de hemosporídeos em *C. talpacoti* nas áreas amostradas

Apenas três indivíduos da amostra estavam infectados por parasitos do gênero *Plasmodium*, representando 15,79% da amostra, sendo possível observar diferentes formas do ciclo de vida do protozoário, desde trofozoítos (formas jovens) até formas evolutivas mais avançadas, como microgametócitos e megametócitos (Figura 5). Em um desses indivíduos (anilha H93668) notou-se múltipla infecção, encontrando também diferentes estágios de parasitos do gênero *Haemoproteus*. Este indivíduo apresentou taxas mais altas de parasitemia e estresse quando comparados aos demais, entretanto, o índice de condição corporal esteve na média do restante amostral. Os outros 16 indivíduos, representando 84,21% da amostra, estavam infectados apenas por parasitos do gênero *Haemoproteus*, também sendo possível encontrar trofozoítos, micro e macrogametócitos (Figura 6).

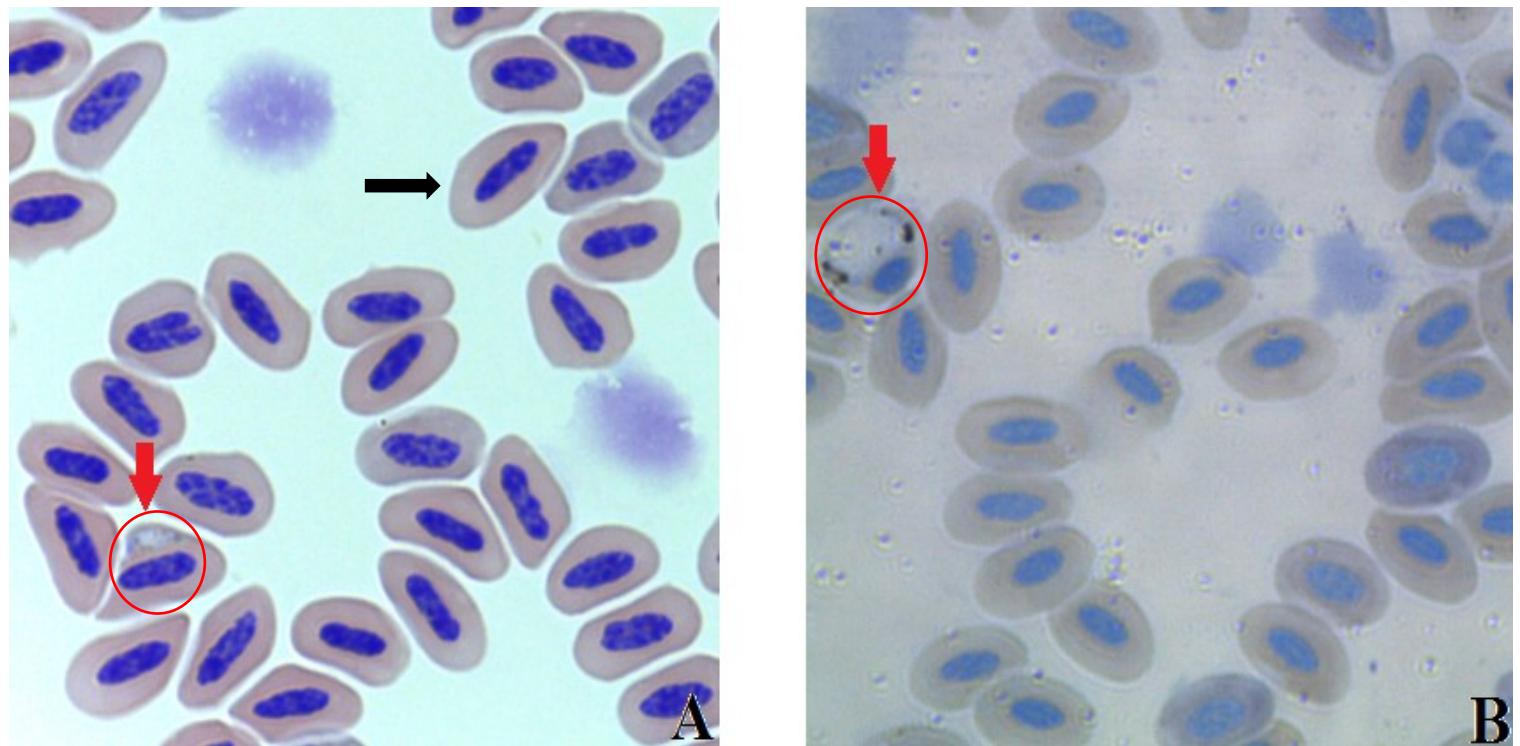


FIGURA 5 – Esfregaço sanguíneo de *Columbina talpacoti* corado por Giemsa e visualizado em microscópico óptico (aumento de 100x), evidenciando na Figura A uma hemácia não infectada (seta preta) e uma hemácia infectada por trofozoíto de *Plasmodium* spp (seta vermelha). Na figura B é possível observar o estágio de gametócito de *Plasmodium* spp (seta vermelha) dentro da hemácia.

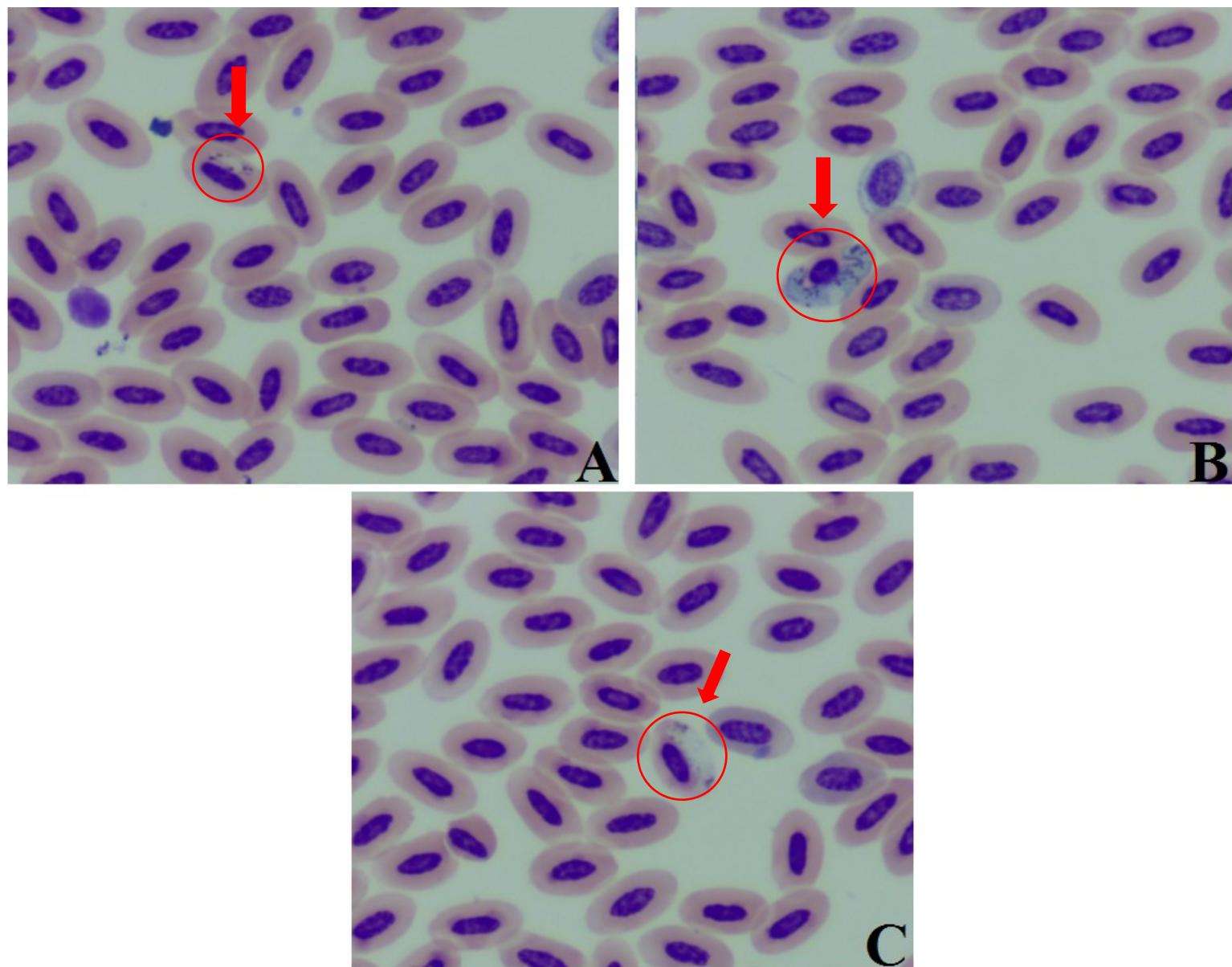


FIGURA 6 – Esfregaço sanguíneo de *Columbina talpacoti* corado por Giemsa e visualizado em microscópico óptico (aumento de 100x), evidenciando na Figura A uma hemácia infectada por trofozoíto de *Haemoproteus* spp (seta vermelha). Na figura B e C é possível observar os estágios de gametócitos de *Haemoproteus* spp (seta vermelha) dentro da hemácia. Em B visualiza-se um macrogametócito e em C um microgametócito.

## 5. DISCUSSÃO

Na comparação entre os índices avaliados em relação as áreas amostradas, apenas a razão de heterófilos/linfócitos foi significativamente maior nas áreas urbanas. Como apontado por Gross & Siegel (1983), esta razão é uma medida adequada de estresse de longo prazo, portanto, sabendo que as espécies residentes do ecossistema urbano eram anteriormente restritas apenas à ambientes rurais, nesta transição os indivíduos aclimatados com sucesso passaram a estar expostos à novas pressões ambientais, que modificaram até mesmo seus comportamentos (Møller, 2008; Skandrani et al., 2016), como exemplo, alterações na dieta alimentar das espécies de aves urbanas (Ditchkoff et al., 2006). Estas passaram a incorporar em sua dieta recursos provenientes do lixo produzido pelos seres humanos, principalmente pela facilidade de acesso à estes itens nas cidades e aterros sanitários, podendo desbalancear o sistema fisiológico do animal (Kristan III et al., 2004). Apesar do erro comum de que indivíduos de espécies selvagens em áreas suburbanas/urbanas estão sob menor estresse do que aqueles que permaneceram nas áreas rurais/naturais, principalmente pela escapada de seus predadores naturais, o conjunto das novas pressões pode ser tão forte que forçam esses animais a modificar estratégias da história de vida que os tornaram bem-sucedidos nos ambientes anteriores ao fenômeno de urbanização (Ditchkoff et al., 2006). Os dados do estudo de Kristan III et al. (2004), também permitem explicar o porquê de o índice de condição corporal não apresentar diferenças significativas entre as áreas, pois apesar de alterações drásticas na composição da paisagem, a plasticidade fenotípica permitiu aos indivíduos se adaptarem aos novos ambientes e buscarem recursos alimentares diferentes daqueles comuns à sua dieta natural, desta forma, não afetando o desenvolvimento corporal dos indivíduos (Skandrini et al., 2016).

Os índices de parasitemia e prevalência na área urbana e natural também não obtiveram diferenças significativas, esses resultados podem ser explicados pela biologia e distribuição dos vetores. Como apontado por Valkiunas (2004), a alta distribuição geográfica da maioria das espécies de haemosporídeos implica numa vasta composição de vetores, dos quais fazem parte diferentes grupos taxonômicos de insetos dípteros hematófagos. Por exemplo, parasitos do gênero *Hemoproteus* (o que apresentou a maior prevalência nesse estudo) podem desenvolver o seu ciclo de vida em vetores representantes das famílias Ceratopogonidae e Hippoboscidae, como também vetores do gênero *Culicoides*, pertencentes à família Culicidae, única que sustenta o desenvolvimento do gênero *Plasmodium* (segundo gênero encontrado nesse estudo) (Valkiunas, 2004). Em Uberlândia, o estudo de Ferrete et al. (2005) apontou que ambientes como a área de implementação da UHE Capim Branco II, oferece condições ambientais para o desenvolvimento da fauna de vetores, evidenciando a presença de diferentes espécies dos gêneros *Anopheles* e *Culex*, ficando claro que há uma alta variedade de possíveis vetores na região. Já é conhecido que uma única espécie de hemoparasito, como o *Plasmodium relictum* uma das espécies mais estudadas de hemosporídios, consegue completar seu ciclo em pelo menos 26 espécies de Culicidae (Valkiunas, 2004), assim demais espécies de hemosporídeos também podem completar seu ciclo em mais de um vetor.

A correlação positiva encontrada entre a razão H/L e a contagem global de leucócitos também foi encontrada no estudo de Campo & Davila (2002), onde a média dos valores da taxa de leucócitos foi relativamente alta, com linfócitos sendo mais numerosos do que os heterófilos, assim como encontrado neste estudo. No estudo de Bókony et al. (2012), que avaliaram índices de condição corporal com urbanização e taxa H/L em pardais, não encontraram relações significativas entre os índices e ainda

sugeriram que as aves podem perceber ambientes urbanos e rurais igualmente estressantes.

Estudos apontam que o índice de parasitemia correlaciona-se positivamente com as taxas de H/L e leucócitos globais, assim, exercendo um efeito direto no sistema imune do indivíduo (Sheldon & Verhulst, 1996; Merino et al., 2000; Lobato et al., 2011; Reinoso-Pérez et al., 2016), entretanto, no presente estudo não foi observado relações significantes entre os índices. Como descrito por Valkiunas (2004), a maior parte dos indivíduos adultos na população estão na fase crônica de infecção, caracterizada por baixa parasitemia e com sintomas clínicos pouco pronunciados, estando de acordo com os achados neste estudo.

É comum os estudos preveem que a relação de estresse, resposta imune e índice de condição corporal afetam diferentemente machos e fêmeas em determinadas espécies, já que machos tem a carga de estresse aumentada com consequente diminuição da resposta imune, ficando mais sensível a possíveis infecções por parasitas, em períodos de acasalamento e fêmeas no período de nidificação e cuidado com a prole (Bókony et al., 2012; Santiago-Alarcone et al., 2013; Schimidt et al., 2014). Entretanto, na espécie de *C. talpacoti* ao comparar o sexo e os parâmetros avaliados não foi observado diferenças significativas, estando de acordo com a hipótese do trabalho. Pois como apontado por Gwynne et al. (2010) esta espécie é comum a formação de casais mesmo fora da estação de reprodução, podendo juntar a outros indivíduos e formarem bandos maiores, além disso o cuidado parental é dividido entre o macho e a fêmea, portanto, o estresse do período reprodutivo deve ser o mesmo para ambos.

## CONCLUSÕES

- Apenas o índice de estresse avaliado pela razão heterófilos/linfócitos foi maior na área urbana do que na área natural, os demais índices não apresentaram diferenças entre as áreas, estando parcialmente de acordo com a hipótese 1, que alguns parâmetros fisiológicos estão alterados devido a urbanização.
- Não foram encontradas diferenças nos parâmetros analisados entre machos e fêmeas em *C. talpacoti*, concordando com a hipótese 2 de que o comportamento social da espécie expõe da mesma forma os indivíduos aos agentes estressores e vetores de doenças.
- Não houve relações significativas entre a parasitemia e o nível estresse e leucócitos globais, entretanto a razão H/L e taxa global de leucócitos correlacionaram-se positivamente, aceitando parcialmente a hipótese 3.
- Não houve relação entre os índices hematológicos e parasitêmicos com a condição corporal, portanto, a hipótese 4 foi refutada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANO, E.A.; CORDEIRO, N.S. Prevalence and intensity of *Haemoproteus columbae* in three species of wild doves from Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 96, n. 2, p. 175 – 178, 2001.

<https://doi.org/10.1590/S0074-02762001000200007>

ALBERTI, M.; BOTSFORD, E.; COHEN, A. Section 1. Introduction to the Study of Birds in Urban Environments: Quantifying the urban gradient: linking urban planning and ecology. In: MARZLUFF, J. M. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. New York: Springer Science + Business Media, LCC, 2001. 89 – 116 p.

ALLANDER, K. The effects of an ectoparasite on reproductive success in the great tit: a 3-year experimental study. *Canadian Journal of Zoology*, v. 76, n. 1, p. 19 – 25, 1998.  
<https://doi.org/10.1139/z97-162>

ALVARENGA, P. E. F.; FREITAS, R. F.; AUGUSTO, S. C. Diversidade de Euglossini (Hymenoptera: Apidae) em áreas de cerrado do Triângulo Mineiro, MG. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 1, p. 30 – 37, 2007.

ARAÚJO, G. M.; GUIMARÃES, A. J. M.; NAKAJIMA, J. N.; Fitossociologia de um remanescente de mata mesófila semidecidua urbana, bosque John Kennedy, Araguari, MG, Brasil. *Revista brasileira de botânica*, v. 20, n. 1, p. 67 - 77, 1997.

<https://doi.org/10.1590/S0100-84041997000100007>

ARDIA, D. R. Individual quality mediates trade-offs between reproductive effort and immune function in Tree Swallows. *Journal of Animal Ecology*, v. 74, p. 517–524, 2005.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00950.x>

ARONSON, M. F. J.; LA SORTE, F. A.; NILON, C. H.; KATTI, M.; GODDARD, M. A.; LEPCZYK, C. A.; WARREN, P. S.; WILLIANS, N. S. G.; CILLIERS, S.; CLARKSON, B.; DOBBS, C.; DOLAN, R.; HEDBLOM, M.; KLOTZ, S.; KOOIJMANS, J. L.; KÜNH, I.; MACGREGOR-FORS, I.; MCDONNELL, M.; MÖRTBERG, U.; PYSEK, P.; SIEBERT, S.; SUSHINSKY, J.; WERNER, P.; Winter, M. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *The Royal Society Publishing*, v. 281, n. 1780, p. 1 – 8, 2017.  
<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.3330>

ARZUA, M.; VALIM, M.P. Bases para o estudo qualitativo e quantitativo em aves. In: MATTER, S.V.; STRAUBE, F.C.; ACCORDI, I; PIACENTINI, V.; CÂNDIDO-JR, J.F. *Ornitologia e Conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.347- 366p. ATKINSON, C. T., VAN RIPER III, C.;Pathogenicity and epizootiology of avian haematozoa: Plasmodium, Leucocytozoan, and Haemoproteus. Pp 19-48, In, *Birdparasite interactions: ecology, evolution and behaviour*. (Eds.) J. E. Loye and M. Zuk. Oxford Univ. Press, England.

BARNES, H.J. PARASITES. In: HARRISON, GJ; HARRISON, LR. *Clinical avian medicne and surgery*. Philadelphia: WB. Saunders Company, 1986. p. 472-485

BELO, N.O.; PINHEIRO, R.T.; REIS, E.S.; RICKLEFS, R. E.; BRAGA, E.M. Prevalence and lineage diversity of avian Haemosporidians from three distinct Cerrado habitats in Brazil. *Plos One*, v. 6, n. 3,

p. 1 – 8, 2011.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017654>

BENNETT, G. F.; PEIRCE, M. A.; The haemoproteid parasites of the pigeons and doves (family Columbidae). *Journal of Natural History*, v. 24, n.2, p. 311-325, 1990.  
<https://doi.org/10.1080/00222939000770231>

BLAIR, R. B. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: is urbanization creating a homogeneous fauna?. In: LOCKWOOD, J. L.; MCKINNEY, M. L. *Biotic Homogenization*. New York: Springer Science + Business Media New York, 2001. 33- 56 p.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1261-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1261-5_3)

BÖHME, U.; OTTO, T. D.; COTTON, J.; STEINBISS, S.; SANDERS, M.; OYOLA, S.; NICOT, A.; GANDON, S.; PATRA, K. P.; HERD, C.; BUSHELL, E.; MODRZYNSKA, K. K.; BILLKER, O.; VINETZ, J. M.; RIVERO, A.; NEWBOLD, C. I.; BERRIMAN, M. Complete avian malaria parasite genomes reveal host - specific parasite evolution in birds and mammals. *bioRxiv preprint*, p. 1 – 32, 2016. <https://doi.org/10.1101/086504>

BOHONAK, A. J; VAN DER LINDE, K. *RMA: Software for reduced major axis regression*, Java version. v.1. San Diego State University, 2004, 5p.

BÓKONY, V.; SERESS, G.; NAGY, S.; LENDVAI, A. Z.; LIKER, A. Multiple indices of body condition reveal no negative effect of urbanization in adult house sparrows. *Landscape and Urban Planning*, v. 104, n. 1, p. 75– 84, 2012.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.006>

BRADLEY, A.C.; ALTIZER, S. Urbanization and the ecology of wildlife diseases. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 22, n. 2, p. 95 – 102, 2006.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.001>

BREARLEY, G.; RHODES, J.; BRADLEY, A.; BAXTER, G.; SEABROOK, L.; LUNNEY, D.; LIU, Y.; MCALPINE, C. Wildlife disease prevalence in human-modified landscapes. *Biological Reviews*, v. 88, n. 2, p. 427 – 442, 2013.  
<https://doi.org/10.1111/brv.12009>

BROWN, M. E. Assessing body condition in birds. In: NOLAN JR, V.; KETTERSON, E. D. *Current Ornithology*. New York: Plenum Press, 1996. 67 – 136 p.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5881-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5881-1_3)

BUSH, A. O.; LAFFERTY, K. D.; LOTZ, J. M. et al. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitology*, 83: 575-583.  
<https://doi.org/10.2307/3284227>

CAMPBELL, T. W. 1995. Avian Hematology and Cytology. 2<sup>a</sup> Ed. Iowa State University Press, 369p.

CAMPO, J. L.; DAVILA, S. G. Estimation of heritability for heterophil:lymphocyte ratio in chickens by restricted maximum likelihood. effects of age, sex, and crossing. *Poultry Science*, v. 81, n. 10, p. 1448 – 1453, 2002.  
<https://doi.org/10.1093/ps/81.10.1448>

CARDOSO, G. L.; LAMÔNACO, C. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. Revista brasileira de botânica, v. 26, n. 1, p. 131 – 140, 2003.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-84042003000100014>

CLARK, P.; BOARDMAN, W. S. J.; RAIDAL, S. R.; Atlas of Clinical Avian Hematology. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009, 200 p.

CLARK, R. W.; MARCHAND, M. N.; CLIFFORD, B. J.; STECHERT, R.; STEPHENS, S. Decline of an isolated timber rattlesnake (*Crotalus horridus*) population: Interactions between climate change, disease, and loss of genetic diversity. Biological Conservation. v. 144, n. 2, p. 886 – 891, 2011.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.001>

CLAYTON, D. H.; WALTHER, B. A. Influence of host ecology and morphology on the diversity of Neotropical bird lice. Oikos, v. 94, n. 3, p. 455 – 467, 2001.  
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.940308.x>

DITCHKOFF, S. S.; SAALFELD, S. T.; GIBSON, C. J. Animal behavior in urban ecosystems: Modifications due to human-induced stress. Urban Ecosystems, v. 9, n. 1, p. 5 – 12, 2006.  
<https://doi.org/10.1007/s11252-006-3262-3>

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 34, n. 1, p. 487 – 515, 2003.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FALLON, S. M.; BERMINGHAM, E.; RICKLEFS, R. Host specialization and geographic localization of avian malaria parasites: a regional analysis in the lesser Antilles. The American Naturalist, v. 16, n. 4, p. 466 – 480, 2005.  
<https://doi.org/10.1086/428430>

FALLON, S. M.; RICKLEFS, R.E. Parasitemia in PCR-detected *Plasmodium* and *Haemoproteus* infections in birds. Journal of Avian Biology, v. 39, n. 1, p. 514 – 522, 2008.  
<https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2008.04308.x>

FALLON, S.M., RICKLEFS, R.E.; SWANSON, B.L.; BERMINGHAM, E. Detecting avian malaria: An Improved Polymerase Chain Reaction Diagnostic. Journal of Parasitology, v. 89, p. 1044 – 1047, 2003.  
<https://doi.org/10.1645/GE-3157>

FERRETE, J. A.; LEMOS, J. C.; LIMA, S. C.; VIEIRA, G. S. S.; CASAGRANDE, B.; REZENDE, K. Ecótopos encontrados em perfis topográficos traçados nas áreas de implantação das barragens das UHES de Capim Branco I e II, na bacia do Rio Araguari, no município de Uberlândia (MG). Caminhos da Geografia, v. 16, n. 16, p. 172 – 189, 2005.

FIGUEROLA, J., MUÑOZ, R. G., FERRER, D. Blood parasites, leucocytes and plumage brightness in the Cirl Bunting, *Emberiza cirlus*. Ecology, v. 13, p. 594-601, 1999.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1999.00354.x>

FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JUNIOR, O. A riqueza da avifauna no Parque Municipal do Sabiá, zona urbana de Uberlândia (MG). Revista Biotemas, v. 17, n. 1, p. 179-202, 2004.

FRANCHIN, A.G.; MARÇAL JÚNIOR, O. A riqueza da avifauna urbana em praças de Uberlândia (MG). Revista Horizonte Científico, v. 1, n. 1, p. 1 – 20, 2002.

FRANCHIN, A.G.; OLIVEIRA, G. M.; MELO, C; TOMÉ, C. E. R.; MARÇAL JÚNIOR, O. Levantamento da avifauna do campus Umuarama – Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia, MG). Revista Zoociências, v. 6, n. 2, p. 219 – 230, 2004.

FREITAS, M.F.L.; OLIVEIRA, J.B.; CAVALCANTI, M.D.B.; LEITE, A.D.; MAGALHÃES, V.S.; OLIVEIRA, R.A.; SOBRINHO, A.E. Parásitos gastrointestinales de aves en cautiverio en el estado de Pernambuco, Brasil. Parasitología Latinoamericana, v. 57, n. 1-2, p. 50 – 54, 2002.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-77122002000100012>

GARCIA – LONGORIA, L.; HELLGREN, O.; BEN SCH, S.; DE LOPE, F.; MARZAL, A. Detecting transmission areas of malaria parasites in a migratory bird species. Parasitology, v. 142, n. 9, p. 1215 – 1220, 2015.

<https://doi.org/10.1017/S0031182015000487>

GREEN, A.J. Mass /length residuals: measures of body condition or generators of spurious results?. Ecology, v. 85, p. 1473–1483, 2001.

[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[1473:MLRMOB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[1473:MLRMOB]2.0.CO;2)

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, 1983.

<https://doi.org/10.2307/1590198>

GWYINNE, J. A.; RIDGELY, R. S.; TUDOR, G. WILDLIFE Conservation Society Birds of Brazil: The Pantanal & Cerrado of Central Brazil. New York: Comstock Pub. Associates, 2010. V. 1.

HOBBS, R. J.; ARICO, S.; ARONSON, J.; BARON, J. S.; BRIDGEWATER, P.; CRAMER, V. A.; EPSTEIN, P. R.; EWEL, J. J.; KLINK, C. A.; LUGO, A. E.; NORTON, D.; OJIMA, D.; RICHARDSON, D. M.; SANDERSON, E. W.; VALLADARES, F.; VILÀ, M.; ZAMORA, R.; ZOBEL, M. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. Global Ecology and Biogeography, v. 15, n. 1, p. 1 – 7, 2006.

<https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00212.x>

IBAMA. Manual de Anilhamento de Aves Silvestres. 2 ed. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1994, 148 p.

JANIN, A.; LÉNA, JP.; JOLY.P. Beyond occurrence: Body condition and stress hormone as integrative indicators of habitat availability and fragmentation in the common toad. Biological Conservation, v. 144, n. 3, p. 1008 – 1016, 2011.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.12.009>

JOHNSON, D. H.; KRAPU, G. L.; REINECKE, K. J.; JORDE, D. G. An evaluation of condition indices for birds. Wildlife Damage Management, v. 49, n. 3, p. 569 – 575, 1985.

<https://doi.org/10.2307/3801673>

JUNIOR - GODFREY, R. D.; FEDYNICH, A. M.; PENCE, D. B. Quantification of hematozoa I blood smears. *Journal of Wildlife Diseases*, v. 23, n. 4, p. 558 – 565, 1987. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-23.4.558>

KALETA, E. F.; TADAY, E. M. Avian host range of Chlamydophila spp. based on isolation, antigen detection and serology. *Avian Pathology*. v. 32, p. 435-461, 2003 <https://doi.org/10.1080/03079450310001593613>

KOWARIK, I. Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. *Envorinmental Pollution*, v. 159, n. 12, p. 1974 – 1983, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.022>

KRISTAN III, W. B.; BOARMAN, W. I.; CRAYON, J. J. Diet composition of common ravens across the urban-wildland interface of the West Mojave Desert. *The Wildlife Society*, v. 32, n. 1, p. 244 – 253, 2004. [https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2004\)32\[244:DCOCRA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2004)32[244:DCOCRA]2.0.CO;2)

LACORTE, G.A.; FÉLIX, G.M.F.; PINHEIRO, R.R.B.; CHAVES, A.V.; NETO, G.A.; NEVES, F. S.; LEITE, L.O.; SANTOS, F.R.; BRAGA, E.M. Exploring the diversity and distribution of neotropical avian malaria parasites – A molecular survey from Southeast Brazil. *Plos One*, v. 8, n. 3, p. 1 – 9, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057770>

LEAMY, L. J.; KLINGENBERG, C. P. The genetics and evolution of fluctuating asymmetry. *Annual Reviews*, v. 36, n. 1, p. 1 – 21, 2005. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152640>

LOBATO, D. N. C.; BRAGA, E. M.; BELO, N. DE O.; ANTONINI, Y. Hematological and parasitological health conditions of the Pale-breasted Thrush (*Turdus leucomelas*) (Passeriformes: Turdidae) in southeastern Brazil. *Zoologia*, v. 28, n. 6, p. 771 – 776, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000600010>

LOCKWOOD, J. L.; MCKINNEY, M. L. Biotic Homogenization: A sequential and selective process. In: LOCKWOOD, J. L.; MCKINNEY, M. L. Biotic Homogenization. New York: Springer Science + Business Media New York, 2001. 1- 18 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1261-5>

LÓPEZ - ARRABÉ, J.; CANTARERO, A.; PÉREZ - RODRÍGUEZ, L.; PALMA, A.; MORENO, J. Experimental pyrethroid treatment underestimates the effects of ectoparasites in cavity-nesting birds due to toxicity. *IBIS*, v. 153, n. 3, p. 606 – 614, 2014. <http://doi.org/10.1111/ibi.12160>

MARIETTO-GONÇALVES, G.A.; MARTINS, F.T.; LIMA, E.T.; LOPES, R.S.; FILHO, R.L.A. Prevalência de endoparasitas em amostras fecais de aves silvestres e exóticas examinadas no Laboratório de Ornitopatologia e no laboratório de Enfermidades Parasitárias da FMVZ-UNESP/Botucatu, SP. *Ciência Animal Brasileira*, v. 10, n. 1, p. 349 – 354, 2009.

MARZLUFF, J. M. Section 1. Introduction to the Study of Birds in Urban Environments: Worldwide urbanization and its effects on birds. In: MARZLUFF, J. M. Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World. New York: Springer Science + Business Media, LCC, 2001. 19 – 47 p.

MARZLUFF, J. M.; BOWMAN, R.; DONELLY, R. Section 1. Introduction to the Study of Birds in Urban Environments: A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches. In: MARZLUFF, J. M. Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World. New York: Springer Science + Business Media, LCC, 2001. 1 – 17 p.

MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, v. 11, n. 2, p. 247 – 260, 2006.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>

MCKINNEY, M. L. Urbanization, biodiversity and conservation. *BioScience*, v. 52, n. 10, p. 883 – 890, 2002.  
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)

MERINO, S.; MØLLER, A. P.; DE LOPE, F. Seasonal changes in cell-mediated immunocompetence and mass gain in nestling barn swallows: a parasite-mediated effect? *OIKOS*, v. 90, n. 2, p. 327 – 332, 2000.

<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.900213.x>

MILLER, J.R. Biodiversity conservation and the extinction of experience. *TRENDS in Ecology and Evolution*, v. 20, n. 8, p. 430 – 434, 2005.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.013>

MOCKFORD, J. E.; MARSHALL, R. C. Effects of urban noise on song response behavior in great tits, *Proceedings of the Royal Society B*, v. 276, n. 1669, p. 2979 – 2985, 2009.

MØLLER, A. P. Effects of parasitism by a haematophagous mite on reproduction in the barn swallow. *Ecological Society of America*, v. 71, n. 6, p. 2345 – 2357, 1990.  
<https://doi.org/10.2307/1938645>

MØLLER, A. P. Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life. *Behavioral Ecology Sociobiology*, v. 63, p. 63 – 75, 2008.  
<https://doi.org/10.1007/s00265-008-0636-y>

MØLLER, A. P.; ERRITZOE, J. Climate, body condition and spleen size in birds. *Oecologia*, v. 137, n. 4, p. 621 – 626, 2003.  
<https://doi.org/10.1007/s00442-003-1378-1>

MOURITSEN, K. N.; POULIN, R. Parasites boosts biodiversity and changes animal community structure by trait-mediated indirect effects. *OIKOS*, v. 108, n. 2, p. 344 – 350, 2005.  
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13507.x>

MOYER, B.R.; DROWN, D. M.; CLAYTON, D. H. Low humidity reduces ectoparasite pressure: implications for host life history evolution. *OIKOS*, v. 97, n. 2, p. 223 – 228, 2002.  
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970208.x>

MUKHIN, A.; PALINAUSKAS, V.; PLATONOVA, E.; KOBYLKOV, D.; VAKOLIUKS, I.; VALKIŪNAS, G. The strategy to survive primary malaria infection: an experimental study on behavioural changes in parasitized birds. *PLOS One*, v. 11, n. 7, p. 1 – 15, 2016.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159216>

NIMER, E. & BRANDÃO, A.M.P.M. 1989. Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. IBGE, Rio de Janeiro.

NORTE, A. C.; SHELDON, B. C.; SOUSA, J. P.; RAMOS, J.A. Environmental and genetic variation in body condition and blood profile of great tit *Parus major* nestlings. *Journal of Avian Biology*, v. 40, n. 2, p. 157 – 165, 2009.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2008.04461.x>

OLDEN, J. D.; POFF, N. L.; DOUGLAS, M. R.; DOUGLAS, M. E.; FAUSCH, K. D. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 19, n. 1, p. 18 – 24, 2004.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.09.010>

OTS, I.; MARUMÄGI, A.; HÖRAK, P. Haematological health state indices of reproducing Great Tits: methodology and sources of natural variation. *Functional Ecology*, v. 12, n. 4, p. 700 – 707, 1998.

<https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1998.00219.x>

PEIG, J., AND GREEN, A. J. New perspective for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, v. 118, p. 1883-1891, 2009.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17643.x>

PEREIRA, S.L.; JOHNSON K.P.; CLAYTON, D.H.; BAKER, A.J. Mitochondrial and nuclear DNA sequences support a Cretaceous origin of Columbiformes and a dispersal-driven radiation in the Paleocene. *Systematic Biology*, v. 56, n. 4, p. 656 – 672, 2007.  
<https://doi.org/10.1080/10635150701549672>

PIMM, S. L.; RUSSEL, G. J.; GITTELMAN, J. L.; BROOKS, T. M. The future of biodiversity. *Science*, v. 269, p. 347 – 350, 1995.  
<https://doi.org/10.1126/science.269.5222.347>

POULIN, R. *Evolutionary ecology of parasites*, 2<sup>a</sup> Ed. Princeton: Princeton University Press, 2007, 332 p.

POULIN, R.; THOMAS, F. Phenotypic variability induced by parasites: extent and evolutionary implications. *Parasitology Today*, v. 15, n. 1, p. 28 -32, 1999.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(98\)01357-X](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(98)01357-X)

QUESADA, J.; MACGREGORS-FORS, I. Avian community responses to the establishment of small garden allotments within a Mediterranean habitat mosaic. *Animal Biodiversity and Conservation*, v. 33, n. 1, p. 53 - 61, 2010.

REINOSO – PÉREZ, M. T.; CANALES – DELGADILO, J. C.; CHAPA – VARGAS, L.; RIEGO – RUIZ, L. Haemosporidian parasite prevalence, parasitemia, and diversity in three residente Bird species at a shrubland dominated landscape of the Mexican highland plateau. *Parasites & Vectors*, v. 9, n. 307, p. 1 – 12, 2016. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1569-3>

RIBEIRO, S.F.; SEBAIO, F.; BRANQUINHO, F.C.S.; MARINI, M.A.; VAGO, A.R.; BRAGA, E.M. Avian malaria in Brazilian passarine birds: parasitismo detected by nested PCR using DNA from stained

blood smears. Parasitology, v. 130, n. 1, p. 261 – 267, 2005.  
<https://doi.org/10.1017/S0031182004006596>

RICKLEFS, R. E. Desenvolvimento Econômico e Ecologia Global. In: RICKLEFS, R. E. Economia da Natureza. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 506 – 522 p.

ROONEY, T. P.; OLDEN, J. D.; LEACH, M. K.; ROGERS, D. A. Biotic homogenization and conservation prioritization. Biological Conservation, v.134, n. 3, p. 447 – 450, 2007.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.07.008>

ROSA, G. A.; SORBELLO, L. A.; DITTRICH, R. L.; MORAES, M. T. T.; OLIVEIRA, E.G. Perfil hematológico de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) sob estresse térmico. Ciência Rural, v. 41, n. 9, p. 1605 – 1610, 2011.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000110>

SÁ, M.R. Os estudos em malária aviária e o Brasil no contexto científico internacional (1907 – 1945). História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 18, n. 2, p. 499 – 518, 2011.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-59702011000200011>

SANTIAGO-ALARCON, D.; METTLER, R.; SEGELBACHER, G.; SCHAEFER, H. M. Haemosporidian parasitism in the blackcap *Sylvia atricapilla* in relation to spring arrival and body condition. Journal of Avian Biology, v. 44, n. 6, p. 521 - 530, 2013.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2013.00181.x>

SCHMIDT, K. L.; MACDOUGALL-SHACKLETON, E. A.; SOMA, K. K.; MACDOUGALL-SHACKLETON, S. A. Developmental programming of the HPA and HPG axes by early-life stress in male and female song sparrows. General and Comparative Endocrinology, v. 196, n. 1, p. 72 – 80, 2014.  
<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2013.11.014>

SETO, K. C.; GÜNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. PNAS, v. 109, n. 40, p. 16083 – 16088, 2012.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>

SHANAHAN, D. C.; STROHBACH, M. W.; WARREN, P. S.; FULLER, R. A.; The challenges of urban living. In: GIL, D.; BRUMM, H. Avian Urban Ecology. Oxford: Oxford University Press, 2014. 3 – 20 p.

SHELDON, B. C.; VERHULST, S. Ecological immunology: costly parasite defences and trade-offs in evolutionary ecology. Trends Ecology, v. 11, n. 8, p. 317 – 321, 1996.  
[https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)10039-2](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)10039-2)

SICK, H. Ornitologia brasileira, uma introdução. 3ed. Brasília: Universidade de Brasília, 1984, 827 p.

SKANDRANI, Z.; PREVOT, A.C.; BALDACCINI, N. E.; GASPARINI, J. On the interplay between phylogeny and environment on behavior of two urban bird species, *Columba livia* and *Corvus corone* (Aves). Italian Journal of Zoology, v. 83, n. 1, p. 98 – 102, 2016.  
<https://doi.org/10.1080/11250003.2015.1118562>

STRAUBE, F. C.; BIANCONI, G. V. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Chiroptera Neotropical*, v. 8, n. 1-2, p. 150 – 152, 2002.

SVOBODA, A.; MARTHINSEN, G.; TURCOKOVA, L.; LIFJELD, J.T.; JOHNSEN, A. Identification of blood parasites in Old World wabler species from the Danube River Delta. *Avian Diseases*, v. 53, n. 1, p. 634 – 636, 2009.

<https://doi.org/10.1637/8842-040409-Case.1>

TOLEDO, F. S.; MAZZEI, K., SANTOS, D. G. Um índice de áreas verdes (IAV) na cidade de Uberlândia/MG. *Journal of Brazilian Society of Urban Forest*, v. 4, n. 3, p. 86 – 97, 2009

TORGA, K.; FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JÚNIOR, O. A avifauna em uma secção da área urbana de Uberlândia, MG. *Biotemas*, v. 20, n. 1, p. 7 – 17, 2007 <https://doi.org/10.5007/%25x>

UFRGS, 2016. Atlas virtual de hematologia veterinária. [www.ufrgs.br/hcv/lacvet/hemato\\_aves](http://www.ufrgs.br/hcv/lacvet/hemato_aves). Acessado em: 01/01/2017

VALADÃO, R. M.; FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JÚNIOR, O. A avifauna no Parque Municipal Víctorio Siquierolli, zona urbana de Uberlândia (MG). *Revista Biotemas*, v. 19, n. 1, p. 77-87. 2006 (b). <https://doi.org/10.5007/%25>

VALADÃO, R. M.; MARÇAL JÚNIOR, O.; FRANCHIN, A. G. A avifauna no parque municipal Santa Luzia, zona urbana de Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Bioscience Journal*, v. 20, n. 2, p. 97 – 108, 2006 (a).

VALKIŪNAS, G. Avian malaria parasites and other haemosporidia. 1<sup>a</sup> Ed. Washington: CRC Press, 2004, 932 p. <https://doi.org/10.1201/9780203643792>

VALKIŪNAS, G.; BAIRLEIN, F.; IEZHOVA, T. A.; DOLNIK, O V. Factors affecting the relapse of *Haemoproteus belopolskyi* infections and the parasitaemia of *Trypanosoma* spp. in a naturally infected European songbird, the blackcap, *Sylvia atricapilla*. *Parasitology Research*, v. 93, n. 1, p. 218-222, 2004. <https://doi.org/10.1007/s00436-004-1071-2>

VALKIŪNAS, G.; BENSCH, S.; IEZHOVA, T. A.; KRIZANAUSKIENE, A.; HELLGREN, O.; BOLSHAKOV, C. Nested cytochrome b polymerase chain reaction diagnostics underestimate mixed infections of avian blood haemosporidian parasites: Microscopy is still essential. *Journal of Parasitology*, v. 92, n. 1, p. 418–422, 2006. <https://doi.org/10.1645/GE-3547RN.1>

VALKIŪNAS, G.; IEZHOVA, T.A.; KRIZANAUSKIENE, A.; PAULINAUSKAS, V.; SEHGAL, R.N.M.; BENSCH, S. A comparative analysis of microscopy and PCR-based detection methods for bloods parasites. *Journal of Parasitology*, v. 94, n. 6, p. 1395 – 1401, 2008. <https://doi.org/10.1645/GE-1570.1>

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human domination of earth's ecosystems. *Science*, v. 277, n. 5325, p. 494 – 499, 1997. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.494>

VOGEL, H. F.; ZAWADZKI, C. H.; SILVA, G. S.; RAMOS, C. C. O.; BECHARA, F. C. Assimetria flutuante: dados iniciais de uma taxocenose de sabiás (Passeriformes, Turdidae) ocorrentes em um parque urbano na região centro-sul do estado do Paraná, Brasil. Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde, v. 18, n. 1, p. 25 – 30, 2012.  
<https://doi.org/10.5212/Publ.Biologicas.v.18i1.0003>

WHITEMAN, N. K.; PARKER, P. G. Body condition and parasite load predict territory ownership in the Galápagos hawk. Proceedings of the Royal Society B, v. 273, n. 1588, p. 915 – 921, 2004.  
<https://doi.org/10.1650/7551>

ZAHID, H. J.; ROBINSON, E.; KELLY, R. L. Agriculture, population growth and statistical analysis of the radiocarbon record. PNAS, v. 113, n. 4, p. 931 – 935, 2016.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1517650112>

ZAR, J. H. 1998. Biostatistical Analysis. 4th edition. Prentice Hall, 929 p.