

ANÁLISE DE ERITROGRAMAS EM PRIMATAS MANTIDOS SOB CUIDADOS HUMANOS

ANALYSIS OF ERYTHROGRAM IN PRIMATES KEPT UNDER HUMAN CARE

J. M. S. EISENLOHR¹; S. A. Q. OLIVEIRA²; A. C. R. C. PORTO³; H. WAJNSZTEJN⁴;
R. H. F. TEIXEIRA⁵; L. M. K. DIAS⁶

RESUMO

O Brasil abriga a maior diversidade de primatas não humanos, com 140 dos 723 táxons conhecidos atualmente, sendo mais de 40% das espécies neotropicais ameaçadas de extinção. Zoológicos são essenciais para a conservação, educação, pesquisa e políticas públicas. O presente estudo analisou 145 hemogramas e prontuários médicos de 138 diferentes primatas-não-humanos mantidos no Parque Municipal Zoológico Quinzinho de Barros (Sorocaba-SP) no período de 2004 a 2024, a fim de descrever as principais alterações nos eritrócitos, proteínas plasmáticas e trombócitos. Além disso, a correlação entre os valores de eritrócitos e trombócitos foi desenvolvida para indivíduos da família Atelidae. Os dados foram consolidados em gráficos e tabelas do programa Excel®, com uma análise de correlação de Pearson para representar as interações. Observando os exames hematológicos obteve-se uma alta incidência de anemia (25,20%), policitemia (16,26%), trombocitose (14,63%) e hiperproteinemia (12,20%) nos exames laboratoriais dos primatas. Em contraste, trombocitopenia e hipoproteinemia foram menos frequentes, ocorrendo em 5,69% e 2,44% dos casos, respectivamente. Ao analisar os dados dos animais com anemias dentro família Atelidae, observou-se correlação fraca ($r=-0,4$) entre eritrócitos e trombócitos. Este estudo revelou as principais alterações e possíveis interações entre anemia e trombocitose encontradas. Exames laboratoriais devem acompanhar os exames clínicos de rotina em animais selvagens *ex situ*, visando avaliar a saúde do plantel.

PALAVRAS-CHAVE: Eritrócitos. Hematologia. Trombócitos. Zoológico

SUMMARY

Brazil is home to the most remarkable diversity of non-human primates, with 140 of the 723 taxa currently known and more than 40% of neotropical species threatened with extinction. Zoos are essential for conservation, education, research, and public policy. The present study analyzed 145 blood counts and medical records of 138 different non-human primates kept in the "Parque Municipal Zoológico Quinzinho de Barros" (Municipal Zoologic Park "Quinzinho de Barros") (Sorocaba-SP) from 2004 to 2024 to describe the main changes in red blood cells, proteins plasma, and platelets. Furthermore, the study analyzed the correlation between erythrocyte and thrombocyte values, specifically for individuals belonging to the Atelidae family. The data was consolidated into graphs and tables in the Excel® program, with a Pearson correlation analysis to represent the interactions. The hematological tests performed in the primates displayed a high anemia incidence (25.20%), polycythemia (16.26%), thrombocytosis (14.63%), and hyperproteinemia (12.20%). In contrast, thrombocytopenia and hypoproteinemia were less frequent, occurring in 5.69% and 2.44% of cases, respectively. When analyzing the data of animals with anemia within the Atelidae family, a weak correlation ($r = -0.4$) was observed between erythrocytes and thrombocytes. This study revealed the main changes and potential interactions between anemia and thrombocytosis. Laboratory testing should be part of routine clinical evaluations in *ex situ* wildlife populations to assess the health status of the managed group.

KEY-WORDS: Erythrocytes. Hematology. Thrombocytes. Zoo

¹ Médica Veterinária graduada pela Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil; Programa Educacional Multidisciplinar em Saúde Única (PEMSU). *Autora para correspondência: jueisenlohr@live.com

² Médica Veterinária graduada pela Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil.

³ Docente, Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil; Programa Educacional Multidisciplinar em Saúde Única (PEMSU).

⁴ Docente, Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil

⁵ Parque Zoológico Municipal "Quinzinho de Barros" (PZMQB), Sorocaba, São Paulo, Brasil; Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil; Programa de Pós-Graduação em Animais Selvagens da Universidade Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP - Botucatu), Botucatu, São Paulo, Brasil.

⁶ Docente, Universidade de Sorocaba (UNISO), Sorocaba, São Paulo, Brasil

INTRODUÇÃO

O Brasil, com suas florestas tropicais úmidas e outros biomas possui a maior diversidade de primatas não humanos (PNH) do mundo, abrigando 140 espécies e subespécies dos 723 táxons de primatas conhecidos atualmente (Urbani et al, 2018; SSC/IUCN, 2021). Uma avaliação nacional apontou que mais de 40% das espécies de primatas neotropicais estão ameaçadas de extinção, fato que evidencia os zoológicos como peças fundamentais para a conservação, pesquisa e educação, além do entretenimento e influência em políticas públicas (IUCN, 2021; MMA, 2022; Carvalho et al, 2022).

A alta similaridade filogenética e fisiológica entre PNH e humanos faz com que estes sejam os biomodelos de eleição para áreas de pesquisa biomédica, comportamental e evolutiva, além de estudos de doenças neurodegenerativas, metabólicas, reprodutivas, infecciosas, além de pesquisas com células-tronco, desenvolvimento de medicamentos e vacinas (Johnsen, 2012; Harding, 2013).

Um dos principais indicadores de saúde nos animais é o sistema hematopoiético, responsável pela diferenciação de células através de um ciclo contínuo de uma pequena população de células-tronco hematopoiéticas pluripotentes que originam as células sanguíneas funcionais (Junqueira et al, 2012).

Pesquisas em outras espécies sugerem uma relação entre anemia e aumento do número de trombócitos, como no estudo de Beguin (1999), realizado em ratos e camundongos, onde levanta-se a hipótese que megacariócitos possuem alta afinidade para a eritropoietina (EPO), indicando uma reação cruzada entre este hormônio e receptores de trombopoietina nas células precursoras dos trombócitos.

Os objetivos do presente estudo são descrever as alterações encontradas na série vermelha, nas proteínas

plasmáticas e nos trombócitos de PNH mantidos sob cuidados humanos. Além disso, indivíduos da família Atelidae, grupo amplamente representado em zoológicos e relevante para programas de conservação, foram escolhidos para a análise de possíveis interações entre os valores de eritrócitos e trombócitos. Com isso, espera-se contribuir com subsídios práticos para o monitoramento clínico e a tomada de decisões no manejo diário, especialmente na triagem de anemias e na priorização de exames complementares em situações de risco hematológico.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da Instituição Parceira

Este estudo foi conduzido em colaboração com o Parque Zoológico Municipal Quinzinho de Barros (PZMQB), situado na cidade de Sorocaba/SP, situado nas coordenadas geográficas: 23°30'23.8" S, 47°26'15.7" W, com altitude de aproximadamente 575 metros acima do nível do mar e temperaturas variando em geral de 13°C a 29°C ao longo do ano. A instituição alberga atualmente uma população de 90 indivíduos pertencentes a 22 espécies distintas.

2.2. Material do Estudo

Foram analisados 145 hemogramas e prontuários clínicos de 138 diferentes primatas mantidos sob cuidados humanos, divididos em oito famílias e 15 espécies, durante o período de 2004 a 2024 (Tabela 1). Entre as amostras, 50,72% foram de indivíduos machos, 41,30% foram de fêmeas e 7,97% estavam sem identificação do sexo. Com relação a idade, 78,99% eram jovens, ou seja, não atingiram a maturidade sexual, enquanto 21,01% eram adultos (Gráficos 1 e 2).

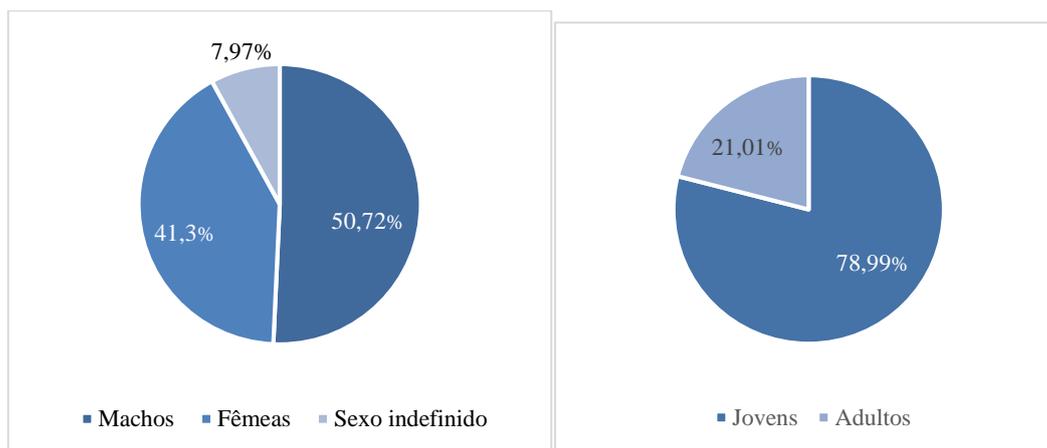
Tabela 1 - Distribuição dos primatas não humanos por família, espécie e quantidade de indivíduos submetidos a análises hematológicas no PZMQB de 2004 a 2019.

Família	Espécie	n
Aotidae	<i>Aotus sp.</i>	2
Atelidae	<i>Alouatta sp.</i>	24
	<i>Ateles sp.</i>	17
	<i>Lagothrix sp.</i>	9
	<i>Brachyteles sp.</i>	18
Callitrichidae	<i>Callithrix sp.</i>	4
	<i>Leontocebus sp.</i>	2
	<i>Leontopithecus sp.</i>	9
	<i>Saguinus sp.</i>	11
Cebidae	<i>Cebus sp.</i>	23
Lemuridae	<i>Lemur sp.</i>	4
Cercopithecidae	<i>Mandrillus sp.</i>	1
	<i>Papio sp.</i>	5
Pitheciidae	<i>Callicebus sp.</i>	6
	<i>Chiropotes sp.</i>	3

Legenda: n= total de indivíduos de cada espécie

Fonte: elaboração dos autores

Gráficos 1 e 2 - Caracterização do sexo e idade dos primatas não humanos submetidos a análises hematológicas no PZMQB de 2004 a 2019.



Fonte: elaboração dos autores

2.3. Coleta, Gestão e Análise de Dados

Os dados obtidos foram analisados e consolidados em gráficos e tabelas do programa Excel®, empregando medidas descritivas e correlacionais, buscando avaliar a prevalência de alterações hematológicas (anemia, policitemia, trombocitopenia, trombocitose, hipoproteinemia e hiperproteinemia) de acordo com sexo, idade e possíveis condições patológicas. As anemias e policitemias foram classificadas em relativas e absolutas. Para as anemias, ainda se usou a classificação morfológica, de acordo com os valores de Volume Corpuscular Médio (VCM) e Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM).

Para representar a interação entre os valores de eritrócitos e trombócitos na família Atelidae, aplicou-se o Teste de Correlação de Pearson em duas abordagens distintas: a primeira abordagem considerou os valores de eritrócitos e trombócitos de todos os animais estudados, e a segunda focou apenas nos dados dos animais que apresentavam anemia. Os valores obtidos foram classificados através do coeficiente de Pearson “r” (Mukaka, 2012), em cinco categorias: correlação desprezível (0 a 0,3; 0 a -0,3); correlação fraca (0,31 a 0,5; -0,31 a -0,5); correlação moderada (0,51 a 0,7; -0,51 a -0,7); correlação forte (0,71 a 0,9; -0,71 a -0,9); e correlação muito forte (>0,9 ou < -0,9) sendo que os valores positivos possuem correlação diretamente proporcional e os de valores negativos inversamente proporcional. Os dados foram elaborados em um diagrama de dispersão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de 2005 a 2024, 54,84% dos eritogramas analisados em PNH sob cuidados humanos apresentaram alterações hematológicas. As principais alterações identificadas foram anemia (25,20%), policitemia (16,26%), trombocitose (14,63%) e hiperproteinemia (12,20%). Trombocitopenia e hipoproteinemia foram observadas com menor frequência, 5,69% e 2,44%, respectivamente (Gráfico 3).

Entre os casos de anemia, 93,55% foram classificadas como absolutas e 6,45% como relativas.

Quanto à morfologia eritrocitária, as anemias normocíticas normocrômicas foram as mais prevalentes. Dentre as anemias hipocrômicas, houve maior prevalência de microcíticas (7,14%), enquanto entre as normocrômicas destacaram-se as normocíticas (35,71%), seguidas por macrocíticas (21,43%) e microcíticas (14,29%). Foram observadas ainda anemias macrocíticas com aumento de CHCM, totalizando 7,14% dos casos.

As espécies *Callithrix* sp. e *Leontopithecus* sp. apresentaram as maiores prevalências de anemia absoluta, com 75,00% e 77,78%, respectivamente. Nos casos de policitemia, 55% foram classificadas como absolutas e 45% como relativas. A trombocitopenia foi identificada em 5,69% dos exames analisados. Em relação às proteínas plasmáticas, a hiperproteinemia foi registrada em 11,29% dos casos, enquanto a hipoproteinemia esteve presente em 2,44% dos exames.

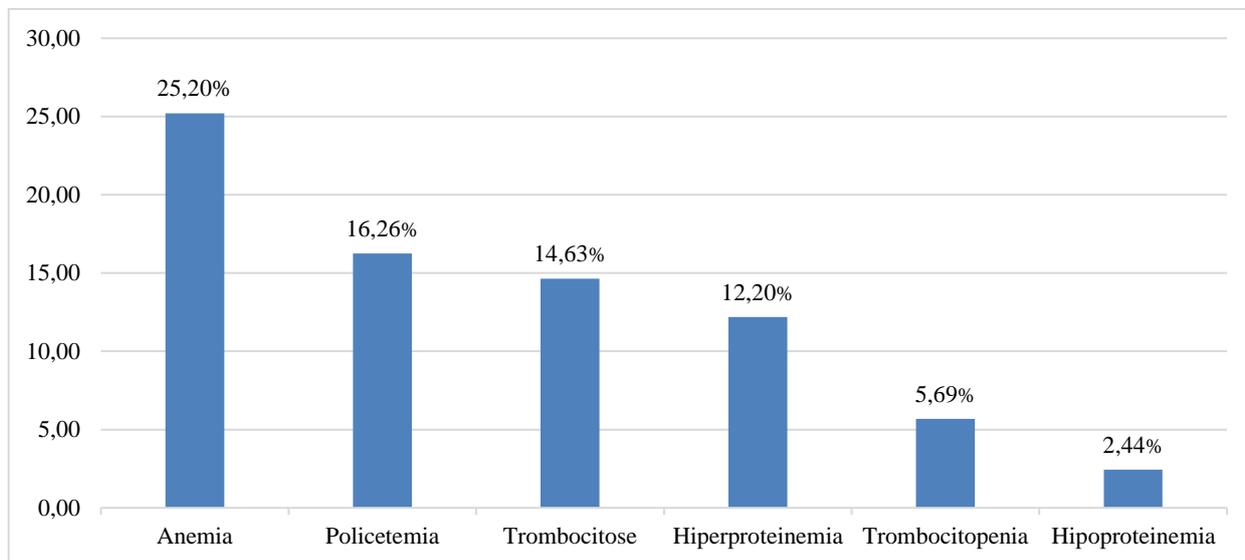
A análise de correlação entre os parâmetros eritrocitários e plaquetários, realizada em indivíduos anêmicos da família Atelidae e sem registros de lesão renal, revelou uma correlação negativa fraca ($r = -0,4$) (Gráfico 4).

A anemia foi a alteração mais frequentemente encontrada em todas as famílias, destacando-se pela heterogeneidade morfológica que pode refletir diferenças fisiológicas entre espécies, faixas etárias ou condições de saúde. A policitemia, também detectada em percentual considerável, foi classificada em formas absolutas e relativas. Tais distinções foram possíveis com base nos parâmetros hematimétricos disponíveis, mas não foi possível identificar clinicamente a origem da alteração, uma vez que a caracterização etiológica requer uma abordagem mais abrangente que inclua exames bioquímicos, leucograma, biomarcadores, índices inflamatórios e, em alguns casos, testes genéticos. Além disso, a padronização de critérios laboratoriais é essencial para diferenciar as causas fisiológicas, inflamatórias, infecciosas, neoplásicas, hemorrágicas, hemolíticas ou relacionadas a deficiências nutricionais, além de permitir a correta interpretação dos resultados e, futuramente, auxiliar na

elaboração de protocolos diagnósticos adaptados às diferentes espécies, especialmente àquelas que ainda não possuem valores de referência estabelecidos. (Thrall, 2012; Raja et al., 2019; Novita et al, 2025;

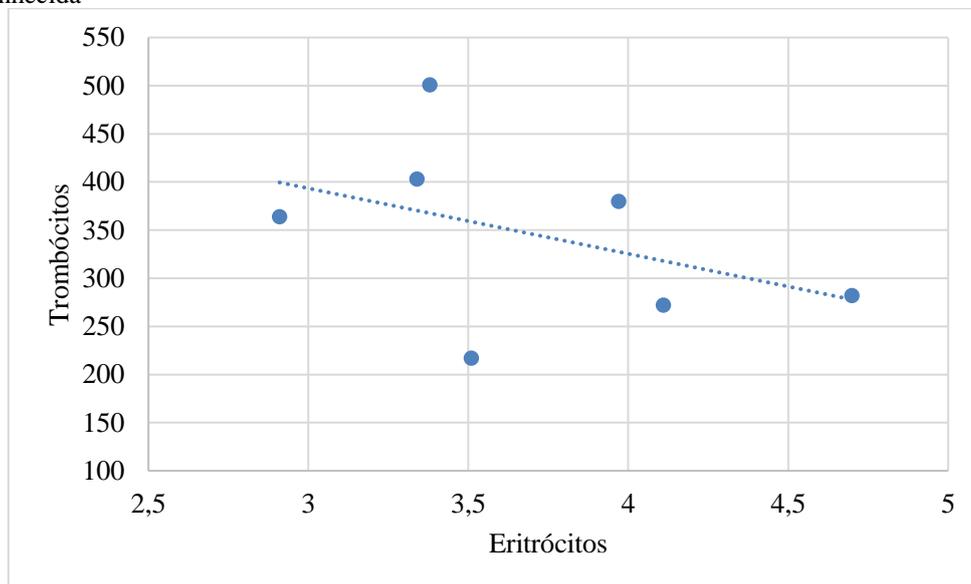
Zhang et al, 2023; Carobbio et al 2022; Tefferi et al, 2024; Krečak et al, 2024)

Gráfico 3 - Principais alterações hematológicas encontradas nos primatas não humanos, no PZMQB de 2005 a 2024.



Fonte: elaboração dos autores

Gráfico 4 - Diagrama de dispersão das variáveis de trombócitos e eritrócitos de primatas não-humanos anêmicos e sem lesão renal conhecida



Fonte: elaboração dos autores

A trombocitose foi observada em diferentes gêneros de primatas não humanos, com frequente concomitância de outras alterações hematológicas, como leucocitose, anemia e hiperproteinemia. Essa coexistência laboratorial pode refletir padrões fisiológicos ou patológicos (Carobbio et al, 2019), e a análise descritiva realizada neste estudo fornece

subsídios para investigações etiológicas mais aprofundadas em estudos futuros.

As alterações menos prevalentes, como a trombocitopenia e as variações nas proteínas plasmáticas, podem ser exploradas de forma mais precisa com o emprego de índices plaquetários e técnicas avançadas de análise proteica, que podem aprimorar a identificação de padrões fisiopatológicos e

biomarcadores em contextos de manejo. Além disso, a relevância nutricional das proteínas na ecologia alimentar de primatas destaca o potencial das proteínas plasmáticas como indicadores do estado fisiológico (Faca et al, 2007; Ganzhorn et al, 2016; Shah et al, 2022).

A análise de correlação entre os valores de eritrócitos e trombócitos realizada em indivíduos anêmicos da família Atelidae evidenciou uma correlação negativa fraca ($r = -0,4$). Esse achado, apesar de não indicar relação causal, aponta para uma possível dependência funcional entre as duas linhagens celulares, justificando a realização de análises estatísticas mais aprofundadas em estudos futuros, com um maior número de amostras e um delineamento direcionado, a fim de verificar se há relação cruzada entre a eritropoietina (EPO) e receptores em células precursoras de plaquetas (Messinezy et al, 2002).

Para aprofundar a compreensão das alterações observadas nos eritrogramas de PNH, estudos futuros devem contemplar análises do esfregaço sanguíneo, perfis bioquímicos específicos (tais como ferro sérico, ferritina, proteinograma), um histórico alimentar detalhado, além de protocolos sistemáticos de registro clínico. A correlação entre achados laboratoriais e manifestações clínicas documentadas pode fortalecer a construção de relações clínico-patológicas mais sólidas, contribuindo para o manejo preventivo e diagnóstico precoce em programas de conservação *ex situ*.

CONCLUSÃO

A maior parte dos primatas apresentou alterações hematológicas significativas, com uma alta prevalência de anemia absoluta e uma considerável incidência de policitemia, trombocitose e hiperproteinemia. Demonstrou-se que monitorar regularmente os parâmetros hematológicos dos primatas não humanos pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias de manejo para proteger animais vulneráveis. Os resultados obtidos com este grupo de animais, com a metodologia utilizada, não sugerem interação cruzada com a eritropoietina nos receptores dos precursores de trombócitos, porém mais estudos se fazem necessários para avaliar as possíveis interações entre anemia e trombocitose. Essa pesquisa destaca implicações cruciais para a saúde dos primatas mantidos sob cuidados humanos e para a conservação das espécies selvagens.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Parque Zoológico Municipal “Quinzinho de Barros” (Sorocaba-SP) pela autorização do acesso aos dados utilizados neste estudo. Agradecemos, em especial, ao médico-veterinário André Luiz Mota da Costa pelo apoio técnico e pelas orientações durante a coleta das informações, bem como às médicas-veterinárias residentes, Flora Nogueira Matos e Cassia Regina Ramos Gonzaga, pela colaboração na organização e levantamento dos dados laboratoriais.

REFERÊNCIAS

- BEGUIN, Y. Erythropoietin and platelet production. *Haematologica*. v. 84, n. 6, p. 541- 547, 1999.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Gabinete do Ministro. Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022. Brasília, 2022.
- CAROBIO, A.; FERRARI, A.; MASCIULLI, A.; GHIRARDI, A.; BAROSI, G.; BARBUI, T. Leukocytosis and thrombosis in essential thrombocythemia and polycythemia vera: a systematic review and meta-analysis. *Blood Advances*, v. 3, n. 11, p. 1729–1737, 2019.
- CAROBIO, A.; VANNUCCHI, A. M.; DE STEFANO, V.; MASCIULLI, A.; GUGLIELMELLI, P.; LOSCOCCO, G. G.; RAMUNDO, F.; ROSSI, E.; KANTHI, Y.; TEFFERI, A.; BARBUI, T. Neutrophil-to-lymphocyte ratio is a novel predictor of venous thrombosis in polycythemia vera. *Blood Cancer Journal*, v. 12, n. 28, 2022.
- CARVALHO, N. W. de; FERREIRA, B. L.; PEREIRA, M. Qual o papel dos zoológicos? As concepções de uma equipe de educação ambiental. *Revista Entreideias: Educação, Cultura e Sociedade*, v. 11, n. 2, p. 135-158, 2022.
- FACA, V.; PITTEI, S. J.; NEWCOMB, L.; GLUKHOVA, V.; PHANSTIEL, D.; KRASNOSELSKY, A.; ZHANG, Q.; STRUTHERS, J.; WANG, H.; ENG, J.; FITZGIBBON, M.; McINTOSH, M.; HANASH, S. Contribution of protein fractionation to depth of analysis of the serum and plasma proteomes. *Journal of Proteome Research*, v. 6, n. 9, p. 3558–3565, 2007.
- GANZHORN, J.; ARRIGO-NELSON, V.; CARRAI, V.; CHALISE, M.; DONATI, G.; DROESCHER, I.; EPPLEY, T.; IRWIN, M.; KOCH, F.; KOENIG, A.; KOWALEWSKI, M.; MOWRY, C.; PATEL, E.; PICHON, C.; RALISON, J.; REISDORFF, C.; SIMMEN, B.; STALENBERG, E.; STARRS, D.; TERBOVEN, J.; WRIGHT, P.; FOLEY, W. The importance of protein in leaf selection of folivorous primates. *American Journal of Primatology*, v. 79, n. 4, p. e22550, 2016.
- HARDING, J. D. Progress in genetics and genomics of nonhuman primates. *ILAR Journal*, v. 54, n. 2, p. 77-81, 2013.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). The IUCN Red List of Threatened Species, Versão 2021-1. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 06 de maio de 2024.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN); SPECIES SURVIVAL COMMISSION (SSC). Report of the Species Survival Commission and the Global Species and Key Biodiversity Area Programme. 2021. 482 p.
- JOHNSON, D. O.; JOHNSON, D. K.; WHITNEY, R. A. History of the use of nonhuman primates in biomedical research. *Nonhuman primates in biomedical research*. 1ª ED. Steilacoom – Washington: Elsevier, 2012. 1-33 p.

- JUNQUEIRA, L.; CARNEIRO, J; ABRAHAMSOH, N. P. **Histologia Básica**. 13ª Edição. LOCAL: Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. 568 p.
- KRECAK, I.; LEKOVIC, D.; ARSENOVIC, I.; BOGDANOVIC, A.; HOLIK, H.; ZEKANOVIC, I.; MORIC PERIC, M.; LUCIJANIC, M. Systemic inflammatory index in polycythemia vera and its prognostic implications. **Journal of Clinical Medicine**, v. 13, n. 15, p. 4459, 2024
- MESSINEZY, M.; WESTWOOD, N.; EL-HEMAIDI, I.; MARSDEN, J.; SHERWOOD, R.; PEARSON, T. Serum erythropoietin values in erythrocytoses and in primary thrombocythaemia. **British Journal of Haematology**, v. 117, n. 1, p. 47–53, 2002.
- MUKAKA, M.M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- NOVITA, R.; SUPRAYOGI, A.; AGUSTA, A.; NUGRAHA, A. B.; DARUSMAN, H. S. Hematological profile of naturally infected long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*) with *Plasmodium inui* in ex situ captivity prior to ex vivo cultivation. **Journal of Medical Primatology**, v. 54, n. 2, p. e70011, 2025.
- RAJA, A. I.; BRICKLEY, E. B.; TAAFFE, J.; TON, T.; ZHAO, Z.; BOCK, K. W.; ORR-GONZALEZ, S.; THOMAS III, M. L.; LAMBERT, L. E.; MOORE, I. N.; DUFFY, P. E. A primate model of severe malarial anaemia: A comparative pathogenesis study. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 18965, 2019.
- SHAH, R.; PRAJAPATI, A.; BABARIA, S.; PATEL, K.; SHAH, N.; PATEL, N. Utility of platelet indices in thrombocytopenia. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research**, v. 15, n. 10, p. 163–166, 2022.
- TEFFERI, A.; LOSCOCCO, G. G. G.; ABDELMAGID, M.; PARDANANI, A. D.; BEGNA, K.; PATNAIK, M. M.; SZUBER, N.; CAROBBIO, A.; BARBUI, T.; REICHARD, K. K.; GUGLIEMELLI, P.; GANGAT, N.; VANNUCCHI, A. M. Monocytosis is an independent risk factor for survival in essential thrombocythemia – a revised triple-A prognostic score (AAA+A) based on age and absolute monocyte, neutrophil, and lymphocyte counts. **Blood**, v. 144, n. 1, p. 3169, 2024.
- THRALL, M. A. Classification of and Diagnostic Approach to Anemia. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. 2ª Edição. Iowa: Wiley-Blackwell. p. 75-86, 2012.
- URBANI, B.; KOWALEWSKI, M.; CUNHA, R. G. R.; TORRE, S.; CORTÉS-ORTIZ, L. A primatologia na America Latina 2. Caracas: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, 2018. 356 p.
- ZHANG, L.; WANG, S.; JIN, K.; JIN, J.; HUANG, J. Real-world research of clinical and hematologic neoplasms related genetic mutations in 275 polycythemia vera patients. **HemaSphere**, v. 7, n. 3, p. e56273a0, 2023.