
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAQUEL GASPARINI MARTINS

**TERMORREGULAÇÃO
COMPORTAMENTAL DOS MICOS-LEÕES
(*Leontopithecus spp.*, *Callitrichidae*) EM
CATIVEIRO**

RAQUEL GASPARINI MARTINS

TERMORREGULAÇÃO COMPORTAMENTAL DOS MICOS-LEÕES (*Leontopithecus*
spp., *Callitrichidae*) EM CATIVEIRO

Orientador: PROF^a. DR^a. LAURENCE MARIANNE V. CULOT

Co-orientador: DR. GUILHERME GOMES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de
Rio Claro, para obtenção do grau de bacharela
em Ciências Biológicas.

Rio Claro

2017

591.5 Martins, Raquel Gasparini
M386t Termorregulação comportamental dos micos-leões em
 cativeiro / Raquel Gasparini Martins. - Rio Claro, 2017
 49 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

 Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências
 Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
 Biociências de Rio Claro
 Orientador: Laurence Marianne V. Culot
 Coorientador: Guilherme Gomes

 1. Ecologia animal. 2. Leontopithecus. 3.
 Termorregulação comportamental. 4. Padrão de cores. 5.
 Cativeiro. 6. Termodinâmica. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Início os agradecimentos a meus pais, que sempre primaram pela minha Educação. Obrigada por, além de me oferecerem a oportunidade de estudar, sempre estarem presentes, me incentivando muito nos momentos de desânimo. Sou muito feliz por isso. Vocês são meus maiores incentivos e exemplos de determinação. Às minhas irmãs, minhas grandes companheiras, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e aplaudindo meu crescimento. À minha família, que sempre acreditou em mim. A quem me olha lá de cima e me ensinou o que é ser humano de verdade, meu avô Moacyr. E aos meus tios, que são meus segundos pais: Leandro e Leonardo.

Muito obrigada Laurence e Guilherme, por me mostrarem com maestria como se realiza uma pesquisa científica. Obrigada pelas várias horas de reuniões, que foram grandes aulas para mim, e me deixavam com a cabeça cheia de novos aprendizados. Fui privilegiada por ter dois grandes cientistas ao meu lado nessa jornada.

Agradeço aos meus amigos que estiveram junto a mim desde o início dessa caminhada. Tenho certeza que fiz laços eternos. Mas, de forma especial, agradeço as República Fervo e Keyla, Olici, Carol, Fome, Japa, Lu, Malu, Bacon e Tavinho. Vocês fizeram minha vida em Rio Claro feliz! Ao meu companheiro de macacada, Coli! Louise, obrigada por deixar meu projeto mais belo com suas ilustrações.

Aos funcionários da UNESP e do Parque Estadual de São Carlos, aos pesquisadores do Laboratório de Primatologia e do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro. À FAPESP (Projeto Jovem Pesquisador 2014/14379-0), pelo apoio financeiro.

Agradeço à vida por poder citar todas estas pessoas neste momento tão importante. Obrigada por colocá-las tão caprichosamente no meu caminho. E por fim, agradeço à Mãe Terra por grandiosamente nos proporcionar tantas maravilhas.

“Luz do sol
Que a folha traga e traduz
Em verde novo
Em folha, em graça, em vida, em força, em luz”
Caetano Veloso

RESUMO

A existência de padrões de cores no pelame de mamíferos ainda não é muito bem explicada. Uma hipótese é que a cor está relacionada à regulação de processos fisiológicos via a termorregulação. Muitos mamíferos aumentam ou conservam o calor corpóreo através de mudanças posturais e comportamentais. A cor, a distribuição e características dos pelos em toda superfície corpórea podem favorecer ou dificultar as trocas de calor por condução e convecção. Diante do exposto, analisamos e descrevemos o perfil térmico de três espécies de mico-leão (*Leontopithecus rosalia* - dourado, *Leontopithecus chrysopygus* – preto, e *Leontopithecus chrysomelas* – cara dourada) procurando relacionar com as janelas térmicas e as variações na frequência de comportamentos termorregulatórios ao longo do dia. Além disso, procuramos avaliar o perfil térmico do recinto do cativeiro, o qual pode influenciar os comportamentos, pois pode se apresentar como um estressor distinto para cada espécie. Coletamos os dados de 2 *L. chrysopygus*, 3 *L. rosalia* e 2 *L. chrysomelas*, totalizando 9 horas por indivíduo, através do método focal instantâneo. Para relacionar o comportamento com a temperatura externa, a temperatura ambiental foi registrada a cada 1 minuto, assim como a umidade. Para identificar as janelas térmicas e as trocas de calor das espécies com o ambiente, utilizamos uma câmera térmica IR SC640 (Flir systems) que permite analisar a variação da temperatura corporal e identificar regiões de hiperradiação. Além disso, com o uso de um estereomicroscópio, procuramos associar a morfologia do pelame (por meio da espessura e comprimento dos pelos) em diferentes regiões do corpo com as regiões de trocas de calor e comportamentos descritos. Usamos modelos lineares mistos para comparar o tamanho dos pelos entre espécies, sexo e região do corpo e para testar o efeito da espécie, do sexo e do ambiente na frequência de cada tipo de postura dos micos, com o indivíduo como fator aleatório. Os resultados mostraram que o recinto do *L. rosalia* atinge temperaturas maiores em relação aos outros dois recintos, enquanto que o recinto do *L. chrysomelas* apresenta temperaturas menores. Em relação ao perfil térmico corpóreo, o *L.*

rosalia indicou as menores temperaturas superficiais corpóreas entre as três espécies. Para as três espécies, a cauda não apresentou grande variação do ΔT , enquanto que ventre e face apresentaram grande variação. Em relação aos pelos, o diâmetro variou somente em função da região, porém o comprimento variou em função da espécie, sexo e região. No geral, os pelos mais grossos foram encontrados na cauda e os mais finos nos membros. Em relação ao comprimento, os pelos mais compridos foram localizados na região da cabeça e dorso, e os mais curtos na região ventral, membros anteriores e cauda (principalmente porção proximal e intermediária da cauda). O *L. rosalia* apresentou pelos mais longos em relação às outras duas espécies, principalmente na região distal da cauda. O sexo também alterou o comprimento dos pelos e as fêmeas mostraram maior diferença entre as espécies. O comportamento termorregulatório parece não diferir entre as espécies e a frequência de nenhuma postura mudou significativamente com a temperatura externa. A cauda foi identificada como uma possível janela térmica para as três espécies por apresentar uma alta razão superfície/volume e ajustes nas trocas de calor (circulatórios) na medida que temperatura do ambiente altera. Vale ressaltar que são dados preliminares em organismos de cativeiro e que necessitam de trabalhos mais aprofundados para poder testar melhor as hipóteses sugeridas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. OBJETIVOS.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Área de estudo.....	12
3.2. Análise do perfil térmico do recinto.....	13
3.3. Análise do perfil térmico corpóreo.....	14
3.4. Características do pelame - diâmetro e comprimento.....	15
3.5. Análise comportamental.....	16
4. RESULTADOS.....	18
4.1. Perfil térmico do recinto.....	18
4.2. Perfil térmico corpóreo.....	21
4.3. Características do pelame – diâmetro e comprimento.....	23
4.4. Comportamento.....	26
5. DISCUSSÃO.....	31
6. CONCLUSÕES.....	38
7. REFERÊNCIAS.....	39
8. ANEXOS.....	43
Anexo 1 - Teste do efeito do sexo, região e espécie no diâmetro dos pelos..	43
Anexo 2 - Valores do diâmetro.....	44
Anexo 3 - Teste do efeito do sexo, região e espécie no comprimento dos pelos.....	45
Anexo 4 - Valores do comprimento dos pelos <i>L. rosalia</i>	46
Anexo 5 - Valores do comprimento dos pelos <i>L. chrysomelas</i>	47
Anexo 6 - Valores do comprimento dos pelos <i>L. chrysopygus</i>	48

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos mamíferos não apresentarem diferentes colorações na superfície corpórea tão marcantes quanto as aves, estes apresentam padrões de cores específicos cujas funções ainda não são muito bem entendidas. Existem três hipóteses funcionais para tal questão: camuflagem, comunicação e regulação de processos fisiológicos

A hipótese fisiológica se baseia na regulação da temperatura corpórea, através da reflexão e absorção de radiação ou pela exposição da superfície corpórea mais suscetível ao aumento ou diminuição da evaporação e de trocas de calor com o ambiente (CARO, 2005). Animais com pelame escuro, geralmente, são mais susceptíveis ao estresse calórico que os de pelame claro por absorverem maior carga térmica radiante (CARO, 2005; BRADLEY E MUNDY, 2008). Por exemplo, a espécie de gazela sul africana *Antidorcas marsupialis* apresenta cores diferentes no ventre (castanho claro), dorso (castanho escuro), face e cauda (branco) (SKINNER E LOUW, 1996). As posturas adotadas pelo animal permitem expor diferentes partes do corpo e assim, regular melhor a absorção de calor. Deste modo, quando o animal está posicionado paralelamente à incidência da radiação solar, ocorre uma redução no ganho de energia térmica, pois as regiões mais expostas ao sol nessa posição (ventral e facial) são as com cores mais claras. Entretanto, quando o animal está posicionado perpendicularmente ao sol, o ganho térmico-energético aumenta, devido à maior exposição ao sol da região com coloração mais escura (dorsal) (HOFMEYR E LOUW, 1987)

Nos endotérmicos, o calor usado na termorregulação é sobretudo obtido através de processos metabólicos voluntários e involuntários (SCHMIDT-NIELSEN, 1997), mas processos comportamentais, também, ajudam a controlar a temperatura corpórea. Sendo assim, muitos mamíferos aumentam ou conservam o calor corpóreo através de mudanças posturais, as quais incluem posições mais curvadas, aglomeração ou exposição de janelas térmicas (TERRIEN et. al., 2011). Estas adaptações comportamentais podem reduzir os custos metabólicos da termorregulação (WILLIS & BRIGHAM, 2007) auxiliando no balanço energético. A preferência por posturas que conservam mais energia térmica durante períodos frios já foi observada em diversas espécies de mamíferos (BEENTJES, 2006; JORDAN & PAULSON, 2009) inclusive primatas (BICCA-MARQUES E CALEGARO-MARQUES, 1998; GESTICH, 2014; KELLEY et al., 2016).

Tanto o macho quanto a fêmea do bugio *Alouatta caraya* adotam estratégias comportamentais para regular a temperatura corpórea. Em condições mais frias, as posturas capazes de conservar calor foram mais utilizadas durante o descanso, e em condições mais quentes, posturas com maior capacidade de dissipação foram mais frequentes (BICCA-MARQUES E CALEGARO-MARQUES, 1998). Todos os animais endotérmicos necessitam reduzir ou aumentar as trocas de calor com o ambiente dependendo da temperatura em que estão expostos. Assim, membros ou estruturas com uma elevada razão superfície/volume, ausência de pelos, densa rede de vasos sanguíneos e presença de anastomoses arteriovenosas (comunicação direta entre arteríolas e vênulas) estão presentes em diferentes animais e são locais ótimos para trocas de calor (alta eficiência na termorregulação) e são chamados de janelas térmicas (TATTERSALL et al., 2009). Quando o animal se encontra dentro ou acima da sua zona de termo neutralidade, os vasos sanguíneos sofrem dilatação, e em situações com temperaturas ambientais mais baixas, os vasos sanguíneos são comprimidos para conservar calor metabólico (TATTERSALL et al., 2009). Em situação de estresse pela temperatura ambiental, a temperatura superficial tende a aproximar-se da temperatura corporal central por meio da vasodilatação ou vasoconstrição, com o objetivo de aumentar ou reduzir a perda de calor, respectivamente (TATTERSALL E CADENA, 2010).

A identificação das janelas térmicas de um indivíduo pode nos ajudar a entender melhor as posturas termorregulatórias adotadas pelos animais, levando em consideração se tais regiões do corpo são expostas ou não. Diante do exposto, a combinação entre mecanismos comportamentais, fisiológicos e morfológicos é muito importante para a manutenção da temperatura corpórea (BARTHOLOMEW, 1964) e para entender as estratégias termorregulatórias das espécies.

O sexo e idade dos indivíduos podem interferir no mecanismo de termorregulação, devido a mudança metabólica durante fases reprodutivas e desenvolvimento corpóreo. Um experimento realizado com *Microcebus murinus* (Primates, Strepsirrhini, Cheirogaleidae) mostrou que indivíduos mais velhos adotam com maior frequência comportamentos para regular a temperatura corpórea do que indivíduos jovens. Concluindo, que estes dados podem estar relacionados ao nível reduzido de esteróides sexuais durante o envelhecimento, pois estes hormônios participam do mecanismo de termogênese (TERRIEN et al., 2008). A questão do sexo é importante quando relacionada ao nível de esteróides, pois estes hormônios

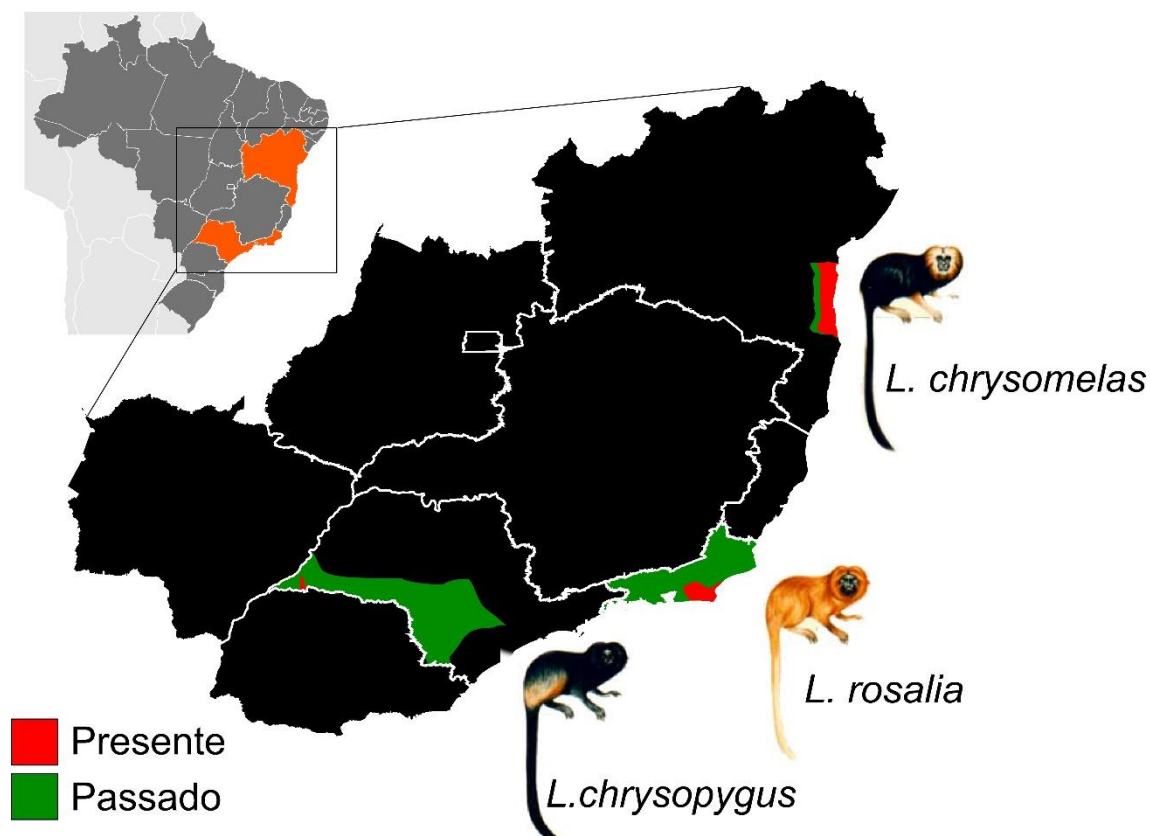
participam do mecanismo de termogênese, e apresentam níveis diferentes em machos e fêmeas. Mas, como trabalhamos com espécies de difícil manejo e em extinção, os micos-leões (Primates, Haplorrhini, Callitrichidae, *Leontopithecus* sp.), torna-se complicado a obtenção de determinados dados.

Micos-leões são primatas endêmicos da Floresta Atlântica brasileira. O gênero compreende quatro espécies que diferem entre si morfologicamente e geograficamente: *L. chrysomelas* (Lorini & Persson) (mico leão da cara dourada: corpo preto e cara dourada, peso corpóreo médio dos machos 540 – 700g e das fêmeas 480-590g, ocorre no estado da Bahia), *L. rosalia* (Linnaeus) (mico leão dourado: inteiramente dourado, peso corpóreo de ambos os sexos 710-795g, ocorre no estado do Rio de Janeiro), *L. chrysopygus* (Mikan) (mico leão preto: inteiramente preto menos a parte traseira dourada, peso corpóreo médio de ambos os sexos 540-690g, ocorre no estado de São Paulo) e *L. caissara* (Kuhl) (mico leão da cara preta: corpo dourado e cara preta, peso corpóreo médio de ambos os sexos 540-710g ocorre no estado do Paraná). Análises filogenéticas de DNA mitocondrial mostraram que *L. chrysomelas* ocupa a posição base filogenética (PEREZ-SWEENEY, 2006), sugerindo que este foi o primeiro táxon a ser isolado, tendo a sua área de ocorrência, o estado da Bahia, o primeiro refúgio de micos-leões. Isso indica que o gênero surgiu na porção Norte e distribuiu-se para o Sul (PEREZ-SWEENEY, 2006), já que *L. chrysopygus*, *L. caissara*, e *L. rosalia* estão distribuídos, respectivamente, nos estados de São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro. Foi proposto que a população ancestral do gênero *Leontopithecus* apresentava variações na cor do pelo e que o isolamento populacional, durante o período Quaternário, fixou os padrões observados hoje (PEREZ-SWEENEY, 2006). A pelagem de *L. chrysopygus* adulto varia individualmente, e não geograficamente, além disso a pelagem do juvenil e do adulto diferem consideravelmente, sugerindo uma variação ontogênica para as espécies GARBINO et al., 2016).

As três espécies estudadas (*L. rosalia*, *L. chrysopygus* e *L. chrysomelas*) enfrentam condições climáticas diferentes e específicas às respectivas áreas de ocorrência de cada espécie (Figura 1). A região incidente do mico leão preto apresenta as menores médias de temperatura (temperatura média máxima: $23,57 \pm 1,29$ °C; média mínima: $16,59 \pm 1,40$ °C e média geral: $20,4 \pm 1,46$ °C), e a maior média pluviométrica (1226 ± 36 mm/ano). Enquanto que as médias térmicas do mico leão dourado (temperatura média máxima: $25,8 \pm 0,275$ °C; média mínima: $20,36 \pm 0,294$ °C

e média geral: $23 \pm 0,114$ °C) e mico leão de cara dourada (temperatura média máxima: $25,72 \pm 1,08$ °C; média mínima: $21,54 \pm 0,963$ °C e média geral: $23,98 \pm 1,04$ °C) não divergem tanto, porém apresentam diferença na média pluviométrica anual (1105 ± 155 mm/ano e 1191 ± 435 mm/ano, respectivamente).

Figura 1: Mapa da distribuição das três espécies de estudo de mico-leão.



As quatro espécies de micos-leões estão ameaçadas de extinção, sendo a principal ameaça a fragmentação do seu habitat devido ao desmatamento. Além disso, modelos climáticos até 2080 preveem a perda de habitat do *Leontopithecus* devido às mudanças de vegetação provocadas pelas alterações climáticas (MEYER et al., 2014). Entre todas as ordens de mamíferos, os primatas estão entre as três ordens com o maior percentual de espécies ameaçadas pelos impactos negativos previstos pelas mudanças ambientais (PACIFICI et al., 2017). No entanto, os diferentes cenários previstos para as espécies de micos-leões não levam em conta as sensibilidades específicas ou as adaptações comportamentais e fisiológicas das espécies às mudanças de temperaturas.

Estudos detalhados sobre o impacto causado pela flutuação da temperatura no comportamento de primatas são necessários, principalmente em regiões Neotropicais, onde as condições ambientais são sazonais, apesar de não serem extremas (GESTICH, 2014). Entender como os mamíferos se comportam diante as mudanças de temperaturas permite avaliar a sensibilidade deles às alterações climáticas, um aspecto muito importante para a conservação, particularmente no contexto atual de mudanças climáticas. Além disto, o estudo de termorregulação comportamental em espécies próximas, apresentando padrões de cores diferentes, pode auxiliar na compreensão do significado adaptativo das cores nos mamíferos.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo é determinar se três espécies de mico leão (*L. rosalia* - dourado, *L. chrysopygus* – preto, e *L. chrysomelas* – cara dourada) adotam estratégias fisiológicas e comportamentais específicas de acordo com o ambiente.

- Determinar como o perfil térmico e as características dos recintos podem influenciar no comportamento e ser um estressor nas diferentes espécies
- Determinar as principais zonas de janelas térmicas nas três espécies por meio de termografia infravermelha, e assim avaliar as diferenças térmicas regionais.
- Determinar se existem diferenças interespecíficas em relação à termorregulação comportamental e se estas diferenças estão relacionadas às variações nos padrões de cores e na espessura da pelagem no gênero *Leontopithecus*;

Temos as seguintes hipóteses:

1. Posturas que reduzem trocas de calor serão mais frequentes conforme a temperatura local diminui, e posturas que dissipam melhor a energia térmica irão ocorrer com maior frequência em altas temperaturas ambientais.
 - Espera-se que o mico-leão preto seja menos sensível ao frio devido à pelagem escura (isso quando tem acesso a fontes de radiação solar), portanto, este apresentará um número menor de comportamentos termorregulatórios em temperaturas mais frias. Entretanto, em temperaturas mais altas, espera-se que este apresente o maior número de comportamentos termorregulatórios dissipando o

calor (ou se afastando de fontes de calor), seguindo assim, as necessidades fisiológicas. A categorização das temperaturas em amenas, frias e quentes baseou-se na zona de neutralidade térmica (ZNT) do *L. rosalia*, a qual varia entre 25 e 33 graus Celsius (THOMPSON et al., 1994, p. 131). Não há informações sobre o limite desta zona para as outras espécies, porém as espécies do gênero apresentam massas corpóreas relativamente semelhantes, portanto considera-se valores semelhantes de zona de neutralidade térmica como referência. Temperaturas amenas, frias e quentes, serão aquelas dentro do limite, abaixo do limite inferior e acima do limite superior desta zona, respectivamente.

2. Coloração dos pelos e perfil térmico das espécies podem estar associados a distribuição e a morfologia diferenciada dos pelos e possíveis características dos habitats de distribuição

- Ou seja: espécies que apresentam cores que favorecem a absorção de infravermelho (calor) poderiam tender a ser mais curtos e finos, pois favorecem o ganho de calor quando expostos a radiação solar, assim o mico leão preto tenderia a ter um isolante térmico menos eficiente para reter calor mas mais eficiente para obter calor do ambiente, caso não seja observado isso, as características do ambiente de distribuição da espécie pode estar associado à pelos maiores e cores mais escuras, já que a espécie pode estar presente em ambientes mais frios.

3. As frequências de comportamentos termorregulatórios seriam diferenciadas nas espécies e estariam associados a características do recinto e busca por conforto térmico distintos entre as espécies devido a diferenças nas trocas de calor, zona de neutralidade térmica e atividade.

- O perfil térmico do recinto de cativeiro deve ser um estressor térmico das espécies e cada espécie pode sofrer diferentemente com o posicionamento desses recintos, assim, a incidência solar no recinto poderia mudar o comportamento da espécie ao longo do tempo e o posicionamento dos recintos poderiam ser

associados a características das espécies em relação à distribuição, ZNT e trocas de calor.

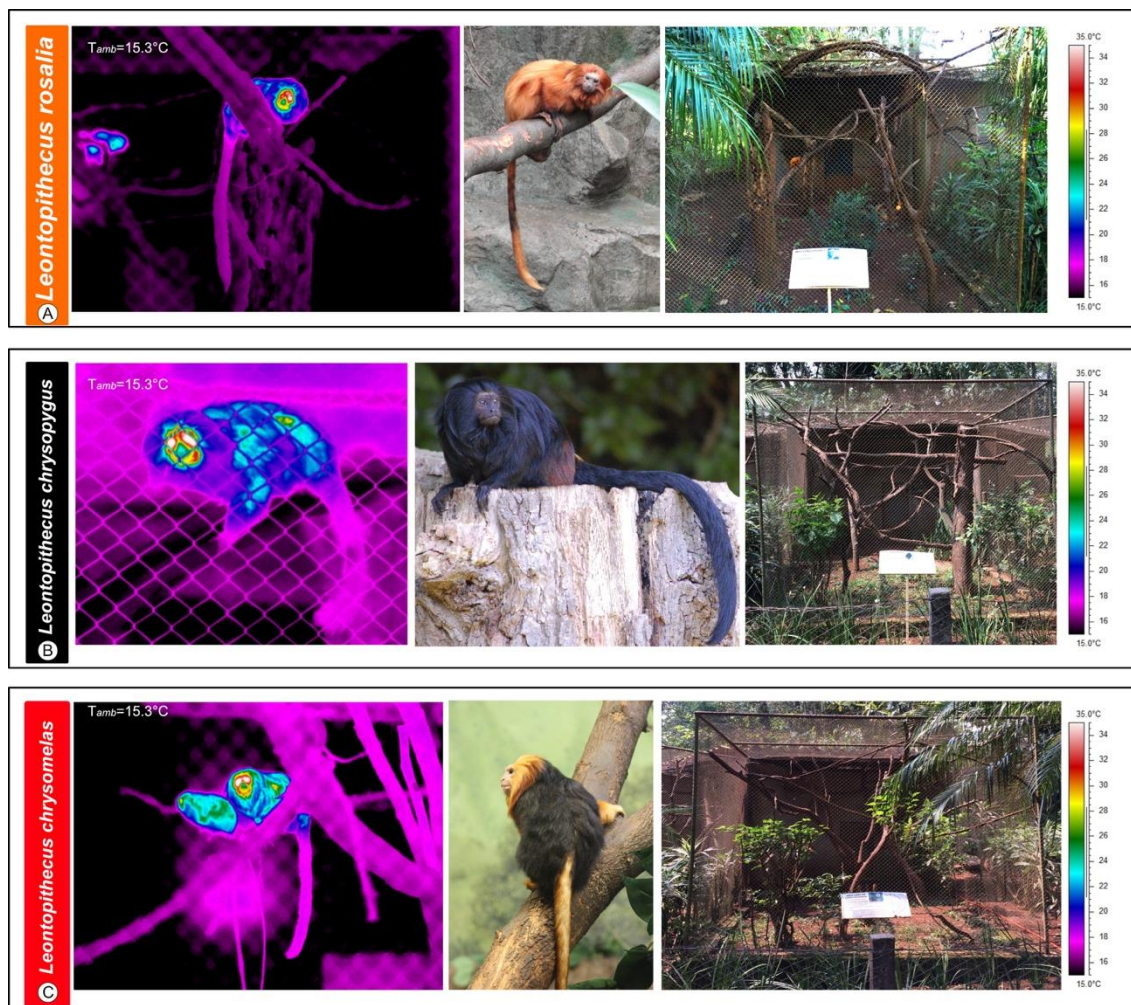
Vale ressaltar que o projeto envolve a definição de uma metodologia inédita para estudo dessas espécies de primatas ameaçados de extinção, além disso, avaliar o efeito do estresse térmico em espécies de cativeiro ao longo do dia, com diversas limitações de manipulação e acesso aos animais. O que não desanimou o estudo e não impediu a coleta de dados relevantes. O estudo de termorregulação e comportamento dessas espécies de primatas em extinção em cativeiro nunca foi realizado, e permitirá entender melhor as características morfo-fisiológicas e os estímulos estressantes para as espécies em estudo quando expostas às restrições de gradiente térmico. Dessa forma, o recinto de cada espécie será muito bem observado e descrito, pois influenciará o comportamento das espécies ao longo do dia, devido a disposição de fontes de calor externa em horários distintos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O Parque Ecológico de São Carlos Dr. Antônio Teixeira Vianna está localizado no município de São Carlos, Estado de São Paulo (21°59'7.09"S e 47°52'29.38"O). O clima da região, segundo a classificação Köppen é Cwa, de característica mesotérmica com verão quente e inverno seco. A região caracteriza-se por verões quentes e úmidos, tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, no qual a precipitação média mensal é de 234 mm e a temperatura média de 23°C. No inverno a precipitação média mensal é de 44 mm e a temperatura média é de 19°C. O estudo será realizado com populações nascidas em cativeiro, compostas por dois indivíduos de *L. chrysopygus* e 2 de *L. chrysomelas*, e 3 indivíduos de *L. rosalia*, totalizando três recintos diferentes e 7 indivíduos. Os três cativeiros apresentam condições e fisionomias semelhantes (Figura 2).

Figura 2: Termografia das espécies e imagens digitais das espécies e recinto.

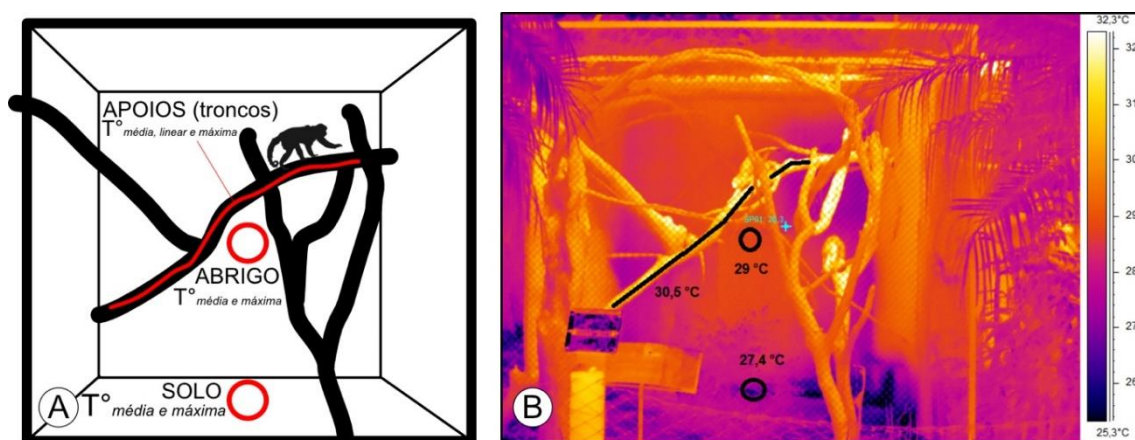


A: Mico leão dourado - *L. rosalia*; B: Mico leão preto - *L. chrysopygus* e C: Mico leão de cara dourada - *L. chrysomelas*.

3.2. Análise do perfil térmico do recinto

O perfil termográfico do ambiente (jaula) foi realizado buscando relacionar nichos de conforto e estresse térmico. Para composição do perfil térmico do recinto foram considerados os seguintes locais do cativeiro: chão, parede do fundo (abrigo) e o galho mais utilizado para descanso de cada indivíduo (Figura 3). As imagens térmicas foram analisadas pelo software ThermaCAM Researcher Professional 2.10 (FLIR® Systems Inc., Oregon, EUA), e utilizamos a função área e linha para obtenção de dados médios de no mínimo 50 pontos de temperatura para cada porção observada.

Figura 3: Porções avaliadas e temperatura escolhida do recinto durante as análises das termografias.



A: esquema das áreas que serão avaliadas; B: termografia das áreas que serão avaliadas.

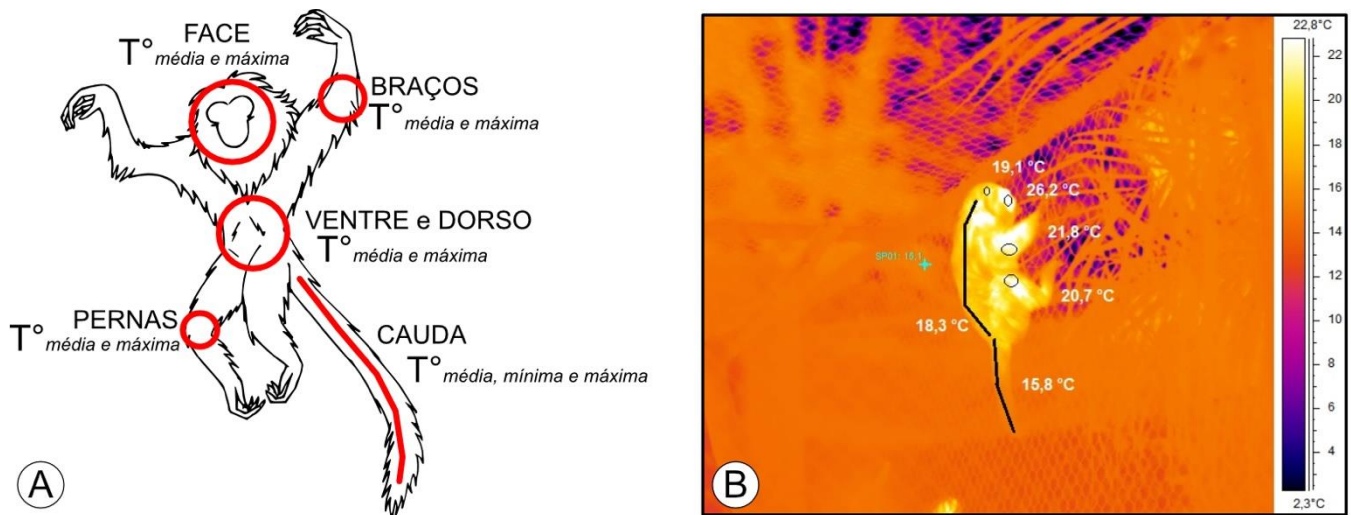
3.3. Análise do perfil térmico corpóreo

Para relacionar o comportamento com a temperatura ambiental, usamos um registrador de dados (RHT10 - Extech) que registrou a temperatura e umidade do ambiente a cada 1 min.

Utilizamos uma câmera térmica infravermelho SC640 (Flir systems – câmera infravermelho sob responsabilidade do Prof. Dr. Denis Otavio Vieira de Andrade da UNESP/Campus de Rio Claro) para avaliar se determinado comportamento e/ou postura estão relacionados a uma busca de conforto térmico ou fuga de estresse térmico. Assim analisamos a temperatura superficial de diferentes porções corpóreas nas termografias obtidas, relacionando-a com a temperatura do ambiente. Foi observado e descrito também, as regiões de janelas térmicas nas diferentes espécies e a resposta a variação da temperatura ambiental, por meio do perfil térmico corpóreo. Utilizamos a emissividade de 0.97 para obtenção da temperatura superficial, a emissividade é constante para o corpo do animal e apenas alteramos seu valor para 0,73 quando observarmos a temperatura de metais que constituem o recinto. Na composição do perfil térmico corpóreo foram considerados os pontos médios das seguintes regiões: rabo, dorso, braço, membros e cabeça (Figura 4).

As imagens térmicas foram analisadas pelo software ThermoCAM Researcher Professional 2.10 (FLIR® Systems Inc., Oregon, EUA), e utilizamos a função área e linha para obtenção de dados médios de no mínimo 50 pontos de temperatura para cada porção observada.

Figura 4: Porções corpóreas avaliadas e temperatura escolhida durante as análises das termografias.



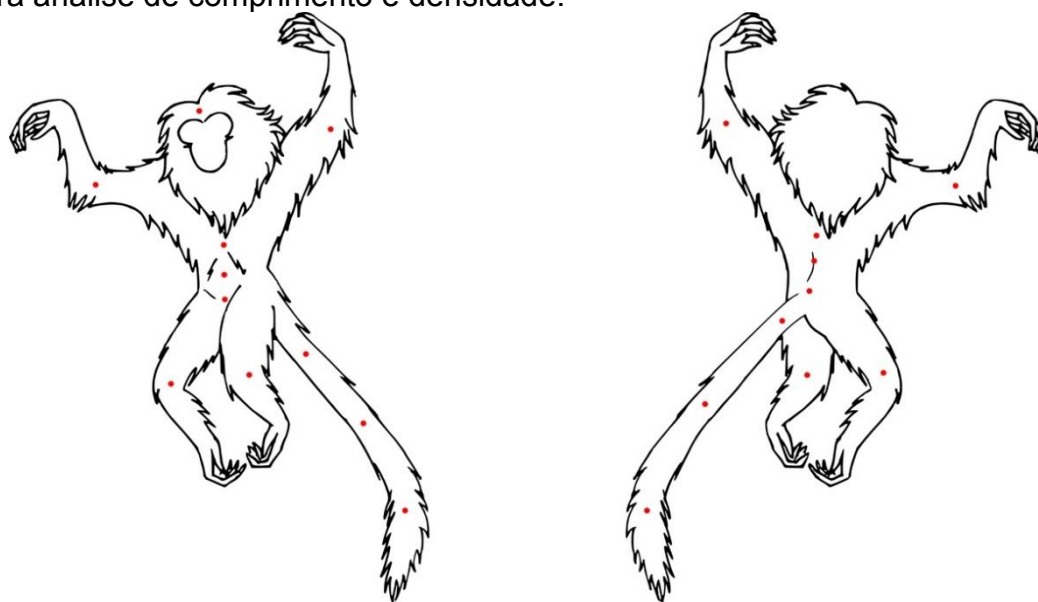
A: esquema das áreas que serão avaliadas; B: termografia das áreas que serão avaliadas.

3.4. Características do pelame – diâmetro e comprimento

Dados de espessura e comprimento dos pelos ao longo do corpo também foram observados e analisados: amostras de 5 pelos dos membros, dorso, ventre, rabo e cabeça (totalizando 22 pontos - Figura 5) foram coletados de 5 indivíduos taxidermizados de cada espécie (macho e fêmea) oriundos da coleção de pele do Centro de Primatologia do Rio de Janeiro e mensurados em estereomicroscópio. Isso auxiliou na definição das regiões de janelas térmicas que facilitaram a compreensão do comportamento de postura observado e assim na compreensão do processo termorregulatório. Não foi possível ter acesso aos indivíduos observados no parque ecológico para tal procedimento. Também não foram obtidas amostras de densidade pois não é permitido a retirada de porções do tegumento.

No programa R, usamos modelos lineares mistos para comparar o tamanho dos pelos entre espécies, sexo e região do corpo assim como as interações entre estes fatores com o indivíduo como fator aleatório (com o indivíduo como fator aleatório para levar em conta possíveis diferenças entre eles, que não foram medidas, como o peso por exemplo).

Figura 5: Pontos vermelhos indicam os locais que foram obtidas as amostras de pelos para análise de comprimento e densidade.



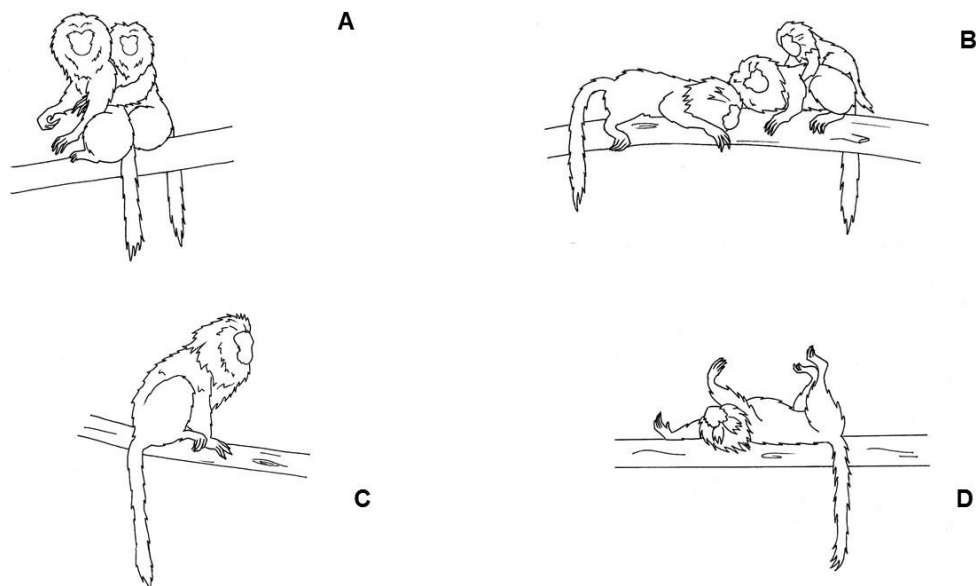
3.5. – Análise comportamental

Os sete indivíduos foram submetidos a 11 dias de amostragem no inverno, sendo a coleta de dados realizada durante 6 horas diárias (9h-15h), totalizando 66 horas. O objetivo inicial era somar o máximo de horas possíveis nas duas estações do ano de acordo com a disponibilidade de tempo da aluna, porém não conseguimos repetir a coleta de dados no verão devido à morte de todos os indivíduos do grupo de estudo no final do ano de 2016, via o ataque de abelhas africanas (Parque Ecológico de São Carlos, comunicação pessoal). Os dados do verão seriam de grande interesse pois permitiriam observar o estresse térmico em temperaturas altas, no entanto, mesmo com essa infelicidade na morte do grupo experimental, os dias de inverno também apresentaram temperaturas superiores a 30°C durante o pico dos dias, abrangendo uma amplitude térmica de até 15°C ao longo do dia. Assim, as características do recinto juntamente com essa amplitude térmica permitiram observar os indivíduos exibindo comportamentos e trocas de calor distintas na estação inverno.

Todas as observações foram diurnas, já que a noite os indivíduos entram em um abrigo (caixa de madeira posicionada no fundo do recinto com um orifício de entrada), tornando impossível observá-los. Utilizamos o método focal instantâneo (ALTMANN, 1974, p. 227), observando cada indivíduo por período de 30 minutos e registrando seu comportamento a cada 30 segundos, somando um total de 9 horas por indivíduo. A ordem de observação dos indivíduos foi alternada, assim, todos foram

observados durante um período de horas totais iguais e nos mesmos momentos do dia. Os comportamentos anotados foram: deslocamento, forrageio, alimentação, ingestão de água, interação social e descanso. Detalhamos as posturas termorregulatórias durante o descanso, pois a influência comportamental deste processo ainda não é muito clara enquanto o animal está realizando outras atividades (PATERSON, 1986). As posturas que mais conservam calor são aquelas que expõem uma menor área do corpo do indivíduo, portanto em ordem decrescente de “conservação” de energia as posturas foram divididas nas seguintes classes: abraçado; amontoado; sentado e deitado com o ventre exposto (Figura 6) (PATERSON, 1986).

Figura 6: Posturas em ordem decrescente de “conservação” de energia.



A: abraçado, B: amontoado, C: sentado e D: ventre exposto. Autoria: Louise Idalgo Figueiredo.

Para testar o efeito do ambiente sobre o comportamento termorregulatório dos micos-leões, usamos modelos lineares mistos para cada postura separadamente usando então a espécie e temperatura como fator fixo e a frequência da postura como variável resposta. Modelos semelhantes foram gerados usando o ponto de orvalho como fator fixo. A frequência de cada comportamento termorregulatório foi calculada com base no número total de observações em descanso.

Para testar o efeito do ambiente sobre o comportamento termorregulatório dos micos-leões, usamos modelos lineares mistos para cada postura separadamente usando então a espécie e temperatura como fator fixo e a frequência da postura como

variável resposta. Modelos semelhantes foram gerados usando o ponto de orvalho como fator fixo. A frequência de cada comportamento termorregulatório foi calculada com base no número total de observações em descanso.

O efeito da temperatura do ambiente foi considerado e usamos a diferença da temperatura da porção corpórea pela temperatura do ambiente no momento da observação e captura do dado. Análises descritivas dos dados foram realizadas e expostas na forma de gráficos procurando associar todas as variáveis obtidas.

4. RESULTADOS

4.1. Perfil térmico do recinto

As imagens térmicas indicam que o recinto com as maiores temperaturas é o do *L. rosalia*, enquanto que o recinto com menores temperaturas é o do *L. chrysomelas* (Figura 7A). A temperatura dos três recintos aumentou ao longo do dia. Na Figura 7A é possível observar nas termografias o momento em que o recinto recebe maior incidência solar e assim temperaturas maiores. Imagens mais avermelhadas e regiões de áreas em branco indicam temperaturas superficiais (T_s) próximas a 36°C e algumas acima quando saturam a escala e se tornam regiões brancas.

O recinto do *L. rosalia* é o primeiro a receber radiação solar logo nas primeiras horas do dia, quando o ponto de orvalho e as temperaturas do ambiente (T_a) e da superfície do recinto (T_s recinto) estão baixas. A temperatura do recinto tende a aumentar muito ao longo do dia, atingindo seu ápice no período entre 12h-13h (figura 7B), posteriormente no período entre 13h-16h a temperatura estabiliza (figura 7A e B). O recinto do *L. rosalia* é o mais exposto ao estresse térmico ou conforto térmico (dependendo da temperatura externa), totalizando 6 horas de exposição a altas temperaturas.

O cativeiro do *L. chrysopygus* é o segundo a receber radiação solar. Apresentou temperatura máxima entre 12h e 14 h (Figura 7B). Por fim, o recinto do *L. chrysomelas* foi o último a receber radiação solar, logo apresentou as menores temperaturas e o menor tempo de exposição a altas temperaturas no recinto (2 horas), portanto é o menos exposto a radiação solar. A temperatura do recinto chegou ao máximo entre 14h-15h, seguido de um pequeno declive o qual manteve-se constante (Figura 7B).

Na figura 7B também é possível observar a presença de um retângulo em rosa das 11-15h o qual indica uma zona de desconforto térmico. Nesse intervalo o ponto de orvalho atinge temperaturas acima de 20-25°C, momento no qual o ambiente apresenta alta temperatura e umidade, as quais dificultam a dissipação de calor por evapora

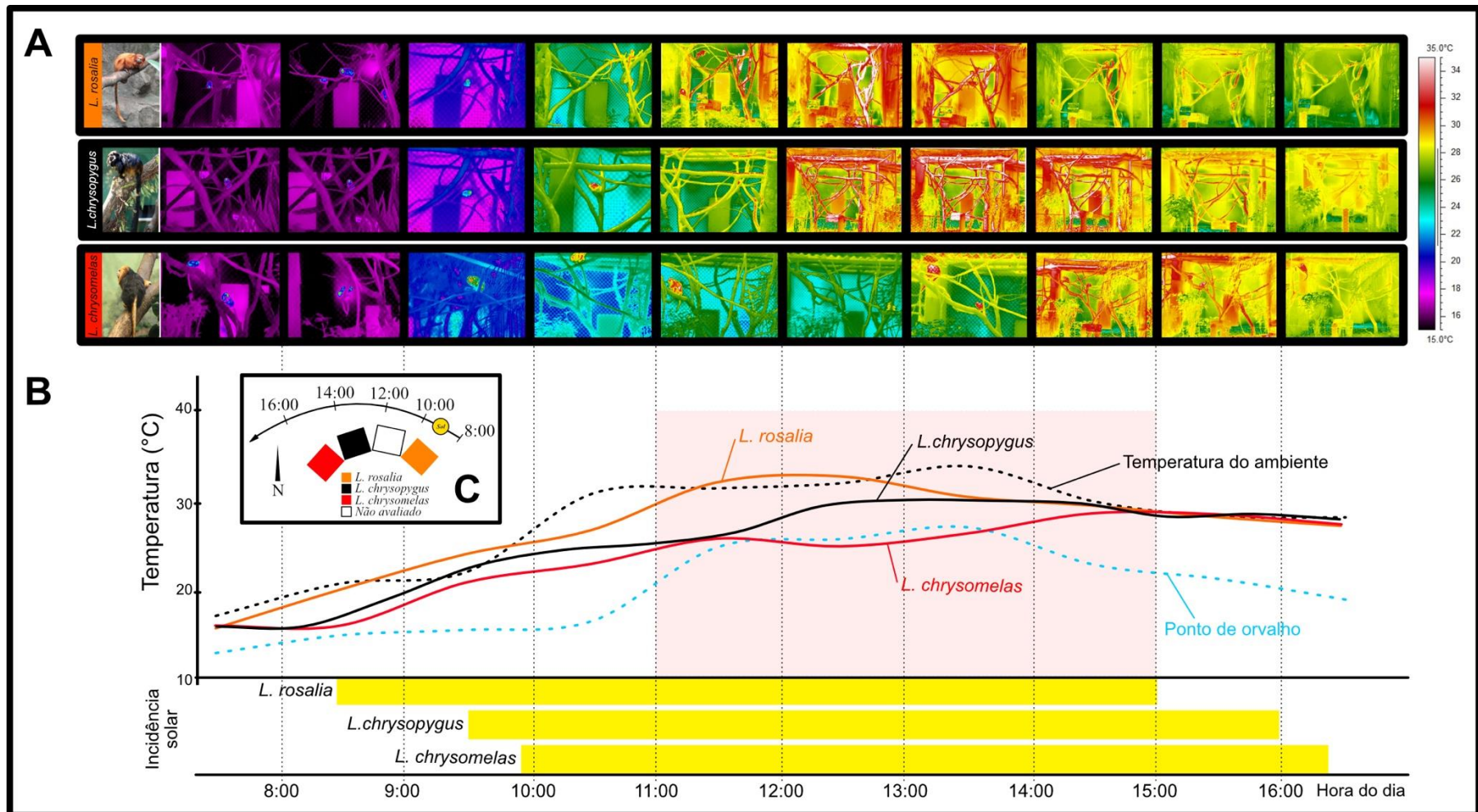


Figura 7: Perfil térmico do ambiente. **A:** Termografias referentes ao perfil térmico do cativeiro de cada espécie ao longo do dia. **B:** Linhas contínuas representam a temperatura média (via termografia) de cada cativeiro ao longo do dia ($n=3$). As linhas pontilhadas indicam a temperatura do ar e o ponto de orvalho (via *datalogger*). A porção destacada em rosa no gráfico é relativa ao desconforto térmico gerado quando ponto de orvalho fica acima de 20°C. As barras amarelas inferiores indicam o período em que cada recinto recebe radiação solar direta. **C:** Esquema da disposição dos recintos em relação ao movimento do sol.

4.2. Perfil térmico corpóreo

No geral, a temperatura superficial corpórea (T_s) entre as três espécies foi maior para o *L. chrysopygus* e *L. chrysomelas*, e menor para o *L. rosalia*. Por meio das termografias (figura 8A) é possível observar a diferença da T_s e da radiação de cada espécie. Por exemplo, uma termografia bastante ilustrativa dessa diferença ocorre no período das 10-11h (figura 8A) onde as espécies apresentam colorações corpóreas diferentes nas imagens, sendo que o *L. chrysopygus* tem coloração bastante avermelhada (hiper radiante) com T_s superiores a *L. chrysomelas* e *L. rosalia*. Esse padrão se mantém nas imagens seguintes ao longo do dia, sendo que a T_s de *L. rosalia* sempre foi inferior principalmente no dorso e cauda (Figura 8A e B).

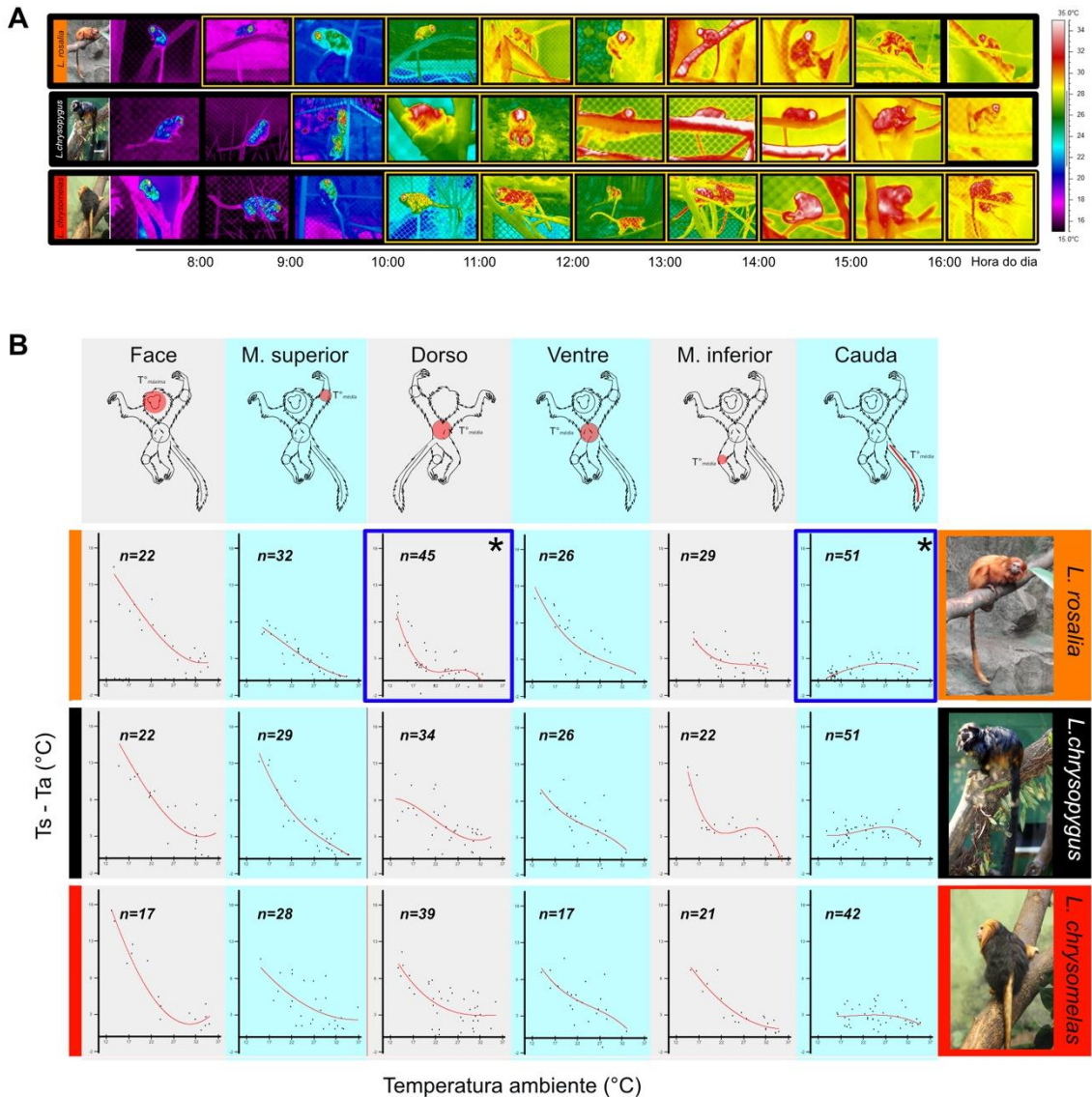
Como observado nas termografias e nos gráficos do ΔT em função do T_a , a T_s caudal e dorsal de *L. rosalia* foi significativamente menor da T_s das outras duas espécies (figura 8B), $T_{s\text{média}}$ – **caudal**: *L.rosalia* ($22.2 \pm 0.9^\circ\text{C}$), *L. chrysopygus* ($26.4 \pm 0.9^\circ\text{C}$) e *L. chrysomelas* ($27.6 \pm 1.0^\circ\text{C}$); **dorsal**: *L.rosalia* ($25.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$), *L. chrysopygus* ($30.2 \pm 0.7^\circ\text{C}$) e *L. chrysomelas* ($30.5 \pm 0.7^\circ\text{C}$). A cauda foi a única região de todas as espécies que na medida que a temperatura do ambiente alterava a temperatura superficial da região também alterou-se, mantendo sempre um ΔT constante (Figura 8B). E o ΔT ($T_s - T_a$) da cauda de *L. rosalia* apresentou os valores de ΔT muito mais próximos de zero, em relação às outras espécies, principalmente quando o ambiente estava frio (Figura 8B).

Ventre e face são áreas de maior hiper radiação para as três espécies, e são bastante evidentes nas termografias mesmo em ambientes frios e quentes, e foi observado nas três espécies (Figuras 8A e B). Todas as outras porções, incluindo face e ventre, na medida que a T_a aumentava, o ΔT ($T_s - T_a$) reduzia.

Vale ressaltar que a T_s da face foi obtida pela T_s máxima da região delimitada (círculo), e representava a T_s máxima do olho nas três espécies estudadas, e não foi observado diferença significativa na temperatura dessa região entre as três espécies, assim como não observamos diferença significativa na temperatura da região ventral, membros inferiores e superiores, entre as três espécies.

Na Figura 8A pode-se ressaltar um comportamento de exibição do ventre no período das 9-10h em *L. chrysopygus*, na qual dois indivíduos estão na grade do recinto, próximo à junção das arestas da jaula, e pode se perceber que nesse momento era a única região da jaula com incidência solar (hiper radiação - aumento da temperatura da estrutura de ferro das jaulas).

Figura 8: Perfil térmico corpóreo das espécies de micos estudadas.



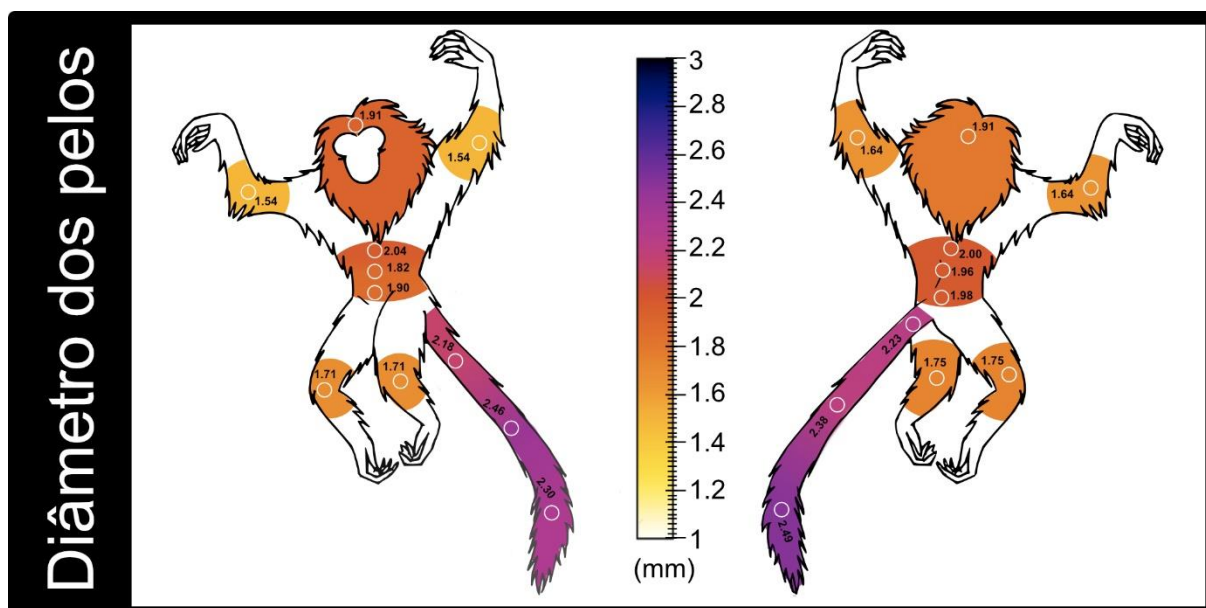
*diferença significativa (anova one-way) $p < 0.01$ | Retângulo azul indica valor significativamente menor que as outras espécies

A: Termografias referentes ao perfil térmico corpóreo de cada espécie. Retângulos amarelos envolta das termografias mostram o momento que existe incidência solar no recinto para cada espécie. **B:** variação na temperatura do ΔT em diferentes porções corpóreas em função da temperatura do ambiente (T_a). Linhas vermelhas representam a relação entre ΔT ($T_s - T_a$) versus T_a e os pontos pretos representam os valores individuais obtidos ao longo do experimento (o valor amostral $[n]$ está em cada gráfico). Retângulo azul mostra diferença significativa (*) entre as espécies em uma mesma porção corpórea.

4.3. Características do pelame – diâmetro e comprimento

O diâmetro dos pelos não difere entre as espécies e o sexo, no entanto apresentou diferença entre as porções do corpo (Anexo 1 e Figura 9). Os pelos mais grossos do corpo estão na cauda, sobretudo na porção distal (ambas as faces), e os mais finos nos membros (ambas as faces), principalmente nos membros posteriores (Figura 9, anexo 2).

Figura 9: Diâmetro dos pelos de cinco regiões corpóreas diferentes.



Os dados demonstrados nessa figura são as médias das três espécies, dado que o diâmetro varia apenas de acordo com a região do corpo (Anexo 1). As cores diferentes indicam diferença significativa dos valores (Anexo 2) entre as porções corpóreas ($p < 0.05$).

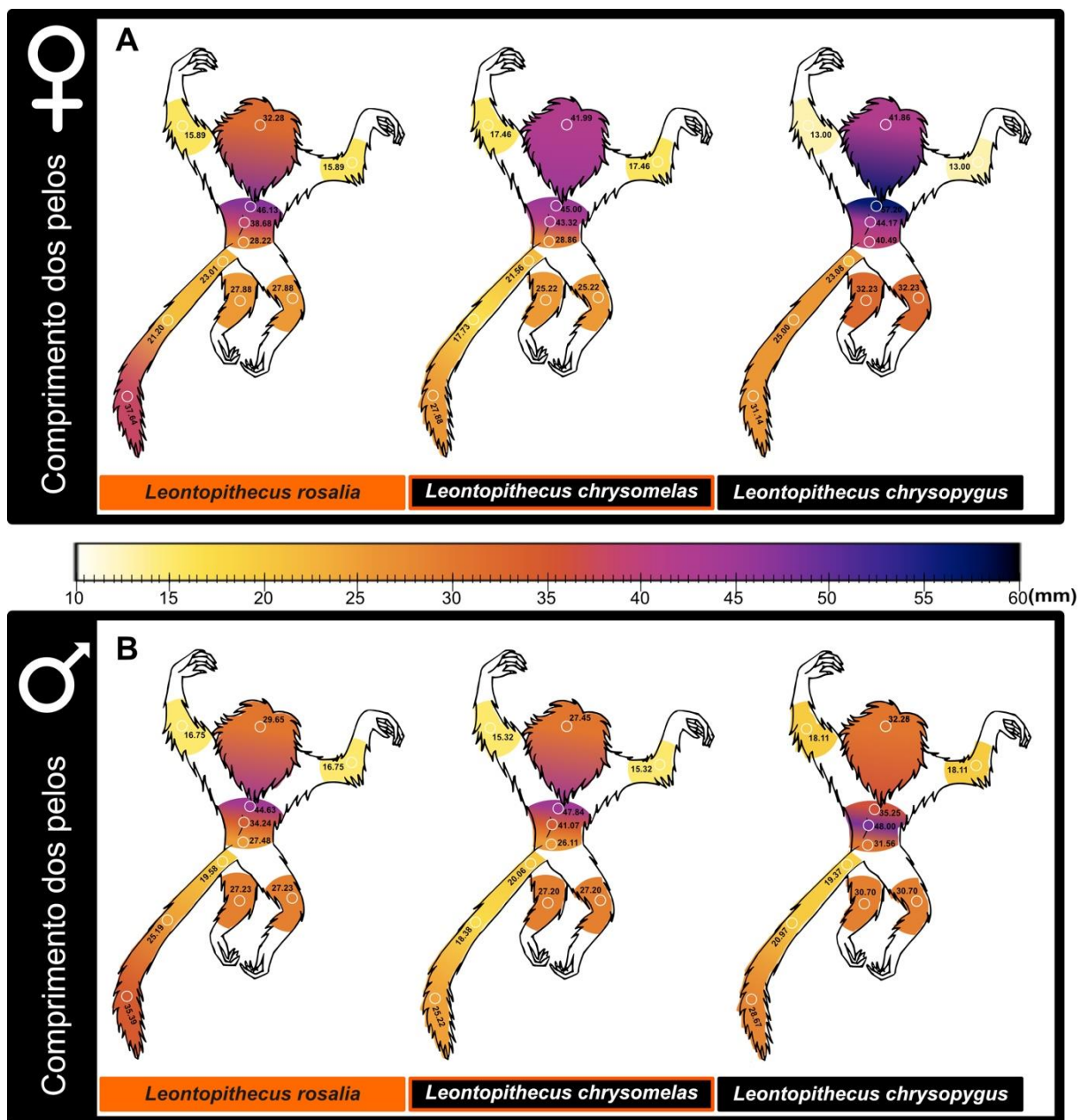
Já o comprimento dos pelos variou significativamente em função das espécies, porções corpóreas e sexo (Anexo 3). Tanto para a face ventral (Figura 11) quanto para a face dorsal (Figura 10), as fêmeas do *L. rosalia* apresentaram pelos significativamente mais longos na cauda (principalmente na parte distal) e menores na cabeça em relação às mesmas regiões nas fêmeas das outras duas espécies de mico-leão (Anexo 4). As fêmeas de *L. chrysopygus*, também em ambas as faces, apresentaram pelos significativamente mais compridos nos membros inferiores quando comparados ao tamanho dos pelos dos membros inferiores do *L. rosalia* e *L. chrysomelas* (Figuras 10 e 11, anexo 4).

Para os machos, o *L. rosalia* apresentou pelos significativamente mais compridos no rabo quando comparados aos pelos da região caudal das outras duas espécies, tanto na face ventral quanto na face dorsal (figuras 10 e 11, anexo 4).

As fêmeas apresentaram as maiores diferenças no comprimento dos pelos entre as espécies, principalmente na face, cauda e dorso (Figura 10 e 11), os machos diferiram apenas no comprimento dos pelos da cauda.

Outras regiões específicas apresentaram diferenças significativas como pode-se observar nas figuras 10 e 11 (Anexo 4). Porém, a cauda e face foram as porções que mais diferiram entre as espécies e o sexo (Figura 10 e 11, anexo 4).

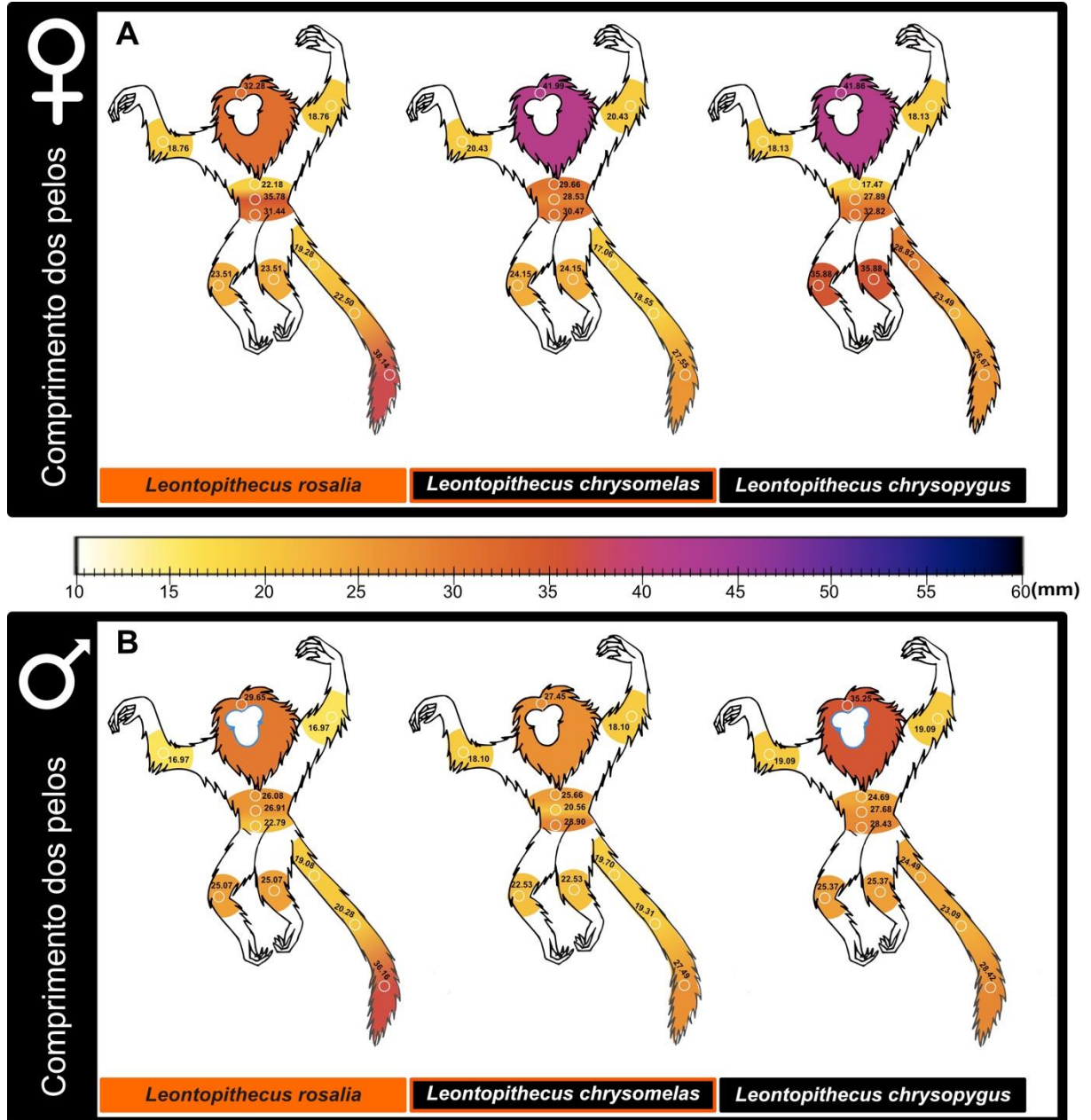
Figura 10: Comprimento dos pelos da face dorsal de cinco regiões corpóreas diferentes



Os resultados demonstrados nessa figura são provenientes das médias dos comprimentos dos pelos da face dorsal de cada espécie e sexo, uma vez que o comprimento varia de acordo

com a região, espécie e sexo (Anexo 3). As porções com cores diferentes indicam diferença significativa dos valores das regiões (Anexo 4) entre as espécies ($p < 0.05$).

Figura 11: Comprimento dos pelos da face ventral de cinco regiões corpóreas diferentes.



Os resultados demonstrados nessa figura são provenientes das médias dos comprimentos dos pelos da face ventral de cada região, espécie e sexo, uma vez que o comprimento varia de acordo com a região, espécie e sexo (Anexo 3). As porções com cores diferentes indicam diferença significativa dos valores das regiões (Anexo 4) entre as espécies ($p < 0.05$).

4.4. Comportamento

Em relação à frequência das posturas, a postura com maior frequência entre as três espécies é sentado (Figura 12) (Kruskal Wallis, $p < 0,05$), e o comportamento termorregulatório não difere entre as espécies. A frequência de nenhuma postura mudou significativamente com a temperatura externa (Tabela 1), nem com o ponto de orvalho (Tabela 2), já que sempre o modelo nulo ficou entre os melhores.

Ao testar o efeito da temperatura e da espécie, o modelo nulo foi o melhor entre todos os modelos testados (Tabela 1). No entanto, para a variável resposta sentado, os modelos temperatura + espécie:temperatura e temperatura + espécie foram equivalentes ao modelo nulo (Tabela 1). A variável abraçado também teve o modelo nulo e o modelo temperatura + espécie equivalentes (Tabela 1).

Ao testar o efeito do ponto de orvalho e da espécie, o modelo nulo foi quase sempre o melhor entre todos os modelos testados, exceto em três onde foi o melhor junto com outros modelos (Tabela 2). Para a variável sentado os 5 modelos foram equivalentes (Tabela 2). Para a variável amontoado os modelos: nulo, ponto de orvalho + espécie e ponto de orvalho + espécie:ponto de orvalho foram equivalentes (Tabela 2).

Figura 12: Boxplot da frequência das posturas nas três espécies de mico-leão (**A:** *L. chrysomelas*, **B:** *L. chrysopygus*, **C:** *L. rosalia*), onde * indica diferença significativa no teste post-hoc de Kruskal-Wallis (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0,001$) onde “sentado” é significativamente diferente de todas as outras posturas nas três espécies e “ventre exposto” é significativamente diferente de “amontoadado” em *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus*.

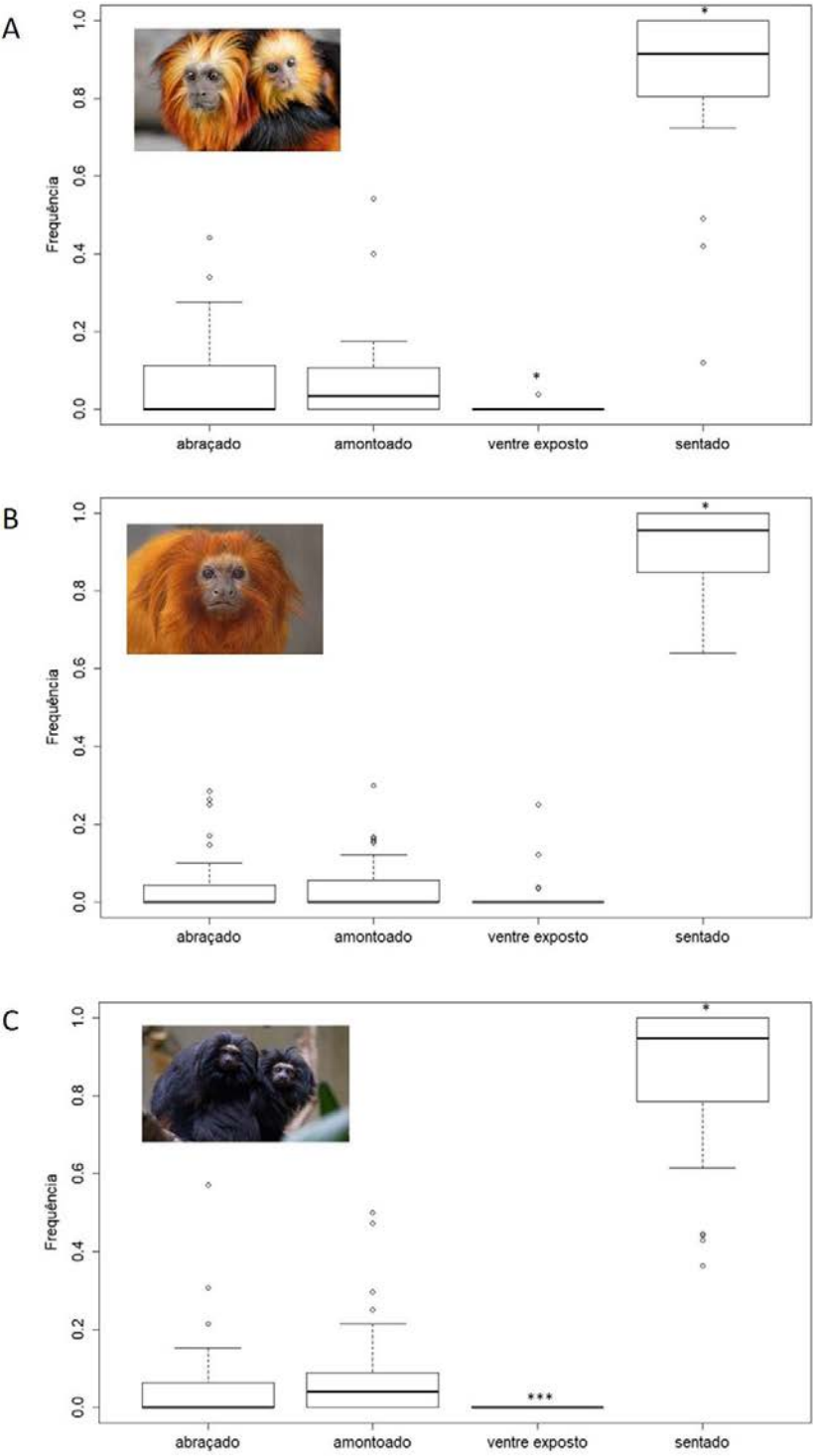


Tabela 1: Resultados de cinco modelos selecionados de acordo com Akaike Information Criterion (AIC), os quais testaram o efeito da temperatura e da espécie na frequência de cada postura. Os modelos com o menor AIC são os melhores. Modelos com $\Delta AIC < 2$ são considerados equivalentes.

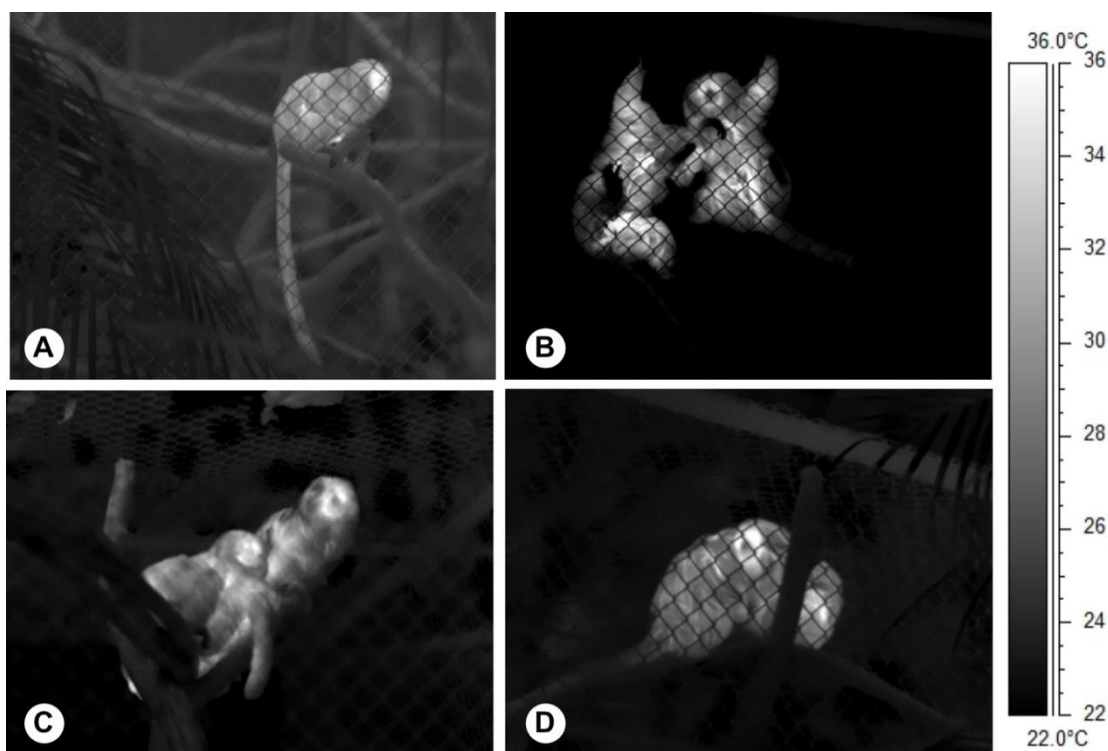
Variável resposta	modelo	AIC	Δ AIC
Descanso	nulo	-5,4	0
	temp + esp	-1,7	3,7
	temp + esp:temp	-1	4,4
	esp + esp:temp	1,5	6,9
	esp + esp:temp	1,5	6,9
Abraçado	nulo	-126,7	0
	temp + esp	-125,3	1,4
	temp + temp:esp	-124,7	2
	esp + tem + esp:temp	-122,4	4,3
	esp + esp:temp	-122,4	4,3
Sentado	nulo	-69,3	0
	temp + esp:temp	-68,2	1,1
	temp + esp	-68,2	1,1
	esp + temp + esp:temp	-65,7	3,6
	esp + esp:temp	-65,7	3,6
Amontoado	nulo	-143,3	0
	temp + esp	-140,9	2,4
	temp + esp:temp	-140,7	2,6
	esp + temp + esp:temp	-137,5	5,8
	esp + esp:temp	-137,5	5,8
Deitado com ventre exposto	nulo	-577,8	0
	temp + esp:temp	-542,9	34,9
	esp + temp + esp:temp	-542,5	35,3
	esp + esp:temp	-542,5	35,3
	temp + esp	-542,4	35,4

Tabela 2: Resultados de cinco modelos selecionados de acordo com Akaike Information Criterion (AIC), os quais testaram o efeito do ponto de orvalho e da espécie na frequência de cada postura. Os modelos com o menor AIC são os melhores. Modelos com $\Delta AIC < 2$ são considerados equivalentes.

Variável resposta	Modelo	AIC	Δ AIC
Descanso	nulo	1,6	0
	<u>esp</u> + po + esp:po	4,6	3
	esp + esp:po	4,6	3
	po + esp	6,4	4,8
	po + esp:po	7,2	5,6
Abraçado	nulo	-108,8	0
	esp + po + esp:po	-106,5	2,3
	esp + esp:po	-106,5	2,3
	po + esp	-106,1	2,7
	po + esp:po	-105,9	2,9
Sentado	esp + po + esp:po	-61,1	0
	esp + esp:po	-61,1	0
	nulo	-60	1,1
	po + esp	-60	1,1
	po + esp:po	-59,3	1,8
Amontoado	nulo	-123,6	0
	po + esp	-123,3	0
	po + esp:po	-122,6	1
	esp + po + esp:po	-120,9	2,7
	esp + esp:po	-120,9	2,7
Deitado com ventre exposto	nulo	-404,4	0
	po + esp:po	-399,9	4,5
	po + esp	-399,6	4,8
	esp + <u>po</u> + esp:po	-397,3	7,1
	esp + esp:po	-397,3	7,1

Na Figura 13 é possível observar por meio de termografia os quatro comportamentos observados e o perfil térmico de cada postura. Pode-se observar regiões de hiper e hiporradiação variando em cada comportamento realizado, no qual porções corpóreas que apresentam mais dissipação de calor são expostas ao meio enquanto em outras posturas elas se tornam protegidas. Na figura 13B pode-se observar que além da face que apresenta hiperradiação a região ventral também se caracteriza como uma região hiperradiante.

Figura 13: Perfil térmico por meio de termografias dos comportamentos observados, imagens de *L. rosalia*.



A: Sentado, B: Exibindo ventre C: Amontoado e D: Abraçado.

5. DISCUSSÃO

A avaliação do perfil térmico em recintos de cativeiros nunca havia sido realizada para o gênero *Leontopithecus* e para nenhuma outra espécie por meio de termografia, e é possível observar que a variação térmica temporal na qual os animais estão expostos é distinta, pois o gradiente térmico dentro do recinto varia enormemente na disposição e infraestrutura do recinto, fato que deveria ser avaliado em animais de cativeiro devido ao enorme estresse térmico que pode gerar aos

indivíduos. Os resultados encontrados no presente estudo mostraram uma diferença significativa entre as temperaturas e incidência solar nos recintos. É possível afirmar que essa diferença de temperatura entre os três recintos ocorre devido ao posicionamento de cada cativeiro em relação à angulação do sol durante o percorrer do dia, e deve influenciar o comportamento de cada espécie, as trocas de calor com o ambiente e o estresse de cada grupo de animais, devido à diferença de gradiente térmico que cada recinto oferece. Assim, o recinto do *L. rosalia* atinge as maiores temperaturas devido ao maior tempo de exposição à radiação solar diária. Nos recintos de *L. chrysopygus* e *L. chrysomelas*, a temperatura começa a aumentar mais tardiamente e foi visível a busca por radiação solar logo que ela começa a incidir nas jaulas nos dias mais frios, como observado e descrito nos resultados em *L. chrysopygus*. Dessa forma, *L. rosalia* consegue termorregular com mais facilidade tendo acesso à exposição solar nos dias mais frios. Entretanto, a temperatura dos três recintos e do ambiente ultrapassam a zona de termoneutralidade das espécies, 25°C a 33°C (THOMPSON et al., 1994), durante o período das 11h até 15h, ou seja, o cativeiro e o ambiente externo tornam-se ambientes muito estressantes para os indivíduos.

No entanto, apesar dos recintos terem variação térmica, nossos dados comportamentais não mostraram diferença significativa entre as espécies, e a temperatura externa não influenciou o comportamento dos indivíduos. Isso pode ser explicado pela possível ausência de temperaturas suficientemente baixas para os indivíduos alterarem as posturas durante as observações, e por adaptações fisiológicas que podem ter sido suficientes para termorregulação. No entanto, vale ressaltar que a ausência da diferença comportamental entre as espécies pode ter sido influenciada por se tratar de indivíduos de cativeiro e por outros fatores, tais como: ausência de uma coleta mais aprofundada avaliando o tempo de duração dos comportamentos e o tempo de exposição ao sol, uma amostragem pequena dos comportamentos, e a falta da coleta de dados no verão. Informações adicionais sobre o histórico dos indivíduos, a massa corpórea e a idade exata também poderiam ter ajudado na análise dos dados. Tentamos diversas vezes obter os dados relacionados aos indivíduos, mas não conseguimos acesso.

O *L. rosalia* apresenta temperatura superficial corpórea menor que o *L. chrysopygus* e *L. chrysomelas*, principalmente na cauda e no dorso, isso apesar de permanecer no recinto com temperaturas mais altas que as outras espécies. Essa

diferença pode ser explicada devido ao padrão de cores encontrado no gênero, pois a coloração do pelo tem relação direta com as áreas de dissipação e absorção de calor nos mamíferos. Animais com pelos mais escuros conseguem absorver mais energia térmica, por meio de radiação solar, que animais com pelos mais claros (CARO, 2005; BRADLEY E MUNDY, 2008). Além disso, dados da reflectância e transmitância também pode estar associado a coloração e pigmentação dos pelos de mamíferos e associado as trocas de calor com o meio (ORITSLAND et al., 1978), essas análises não foram realizadas nas espécies estudadas e podem ser analisadas futuramente com as amostras de pelos obtidas.

Algumas limitações burocráticas impediram a manipulação das espécies para realizar alguns testes, o ideal seria realizar um experimento para melhor compreensão do fator coloração do pelame, no qual indivíduos fisiologicamente semelhantes das três espécies seriam colocados em um ambiente com condições controladas de temperatura e fonte de calor por radiação e seriam avaliados na presença/ausência de incidência solar, assim seria possível observar efetivamente a influência das cores na temperatura corpórea superficial de cada espécie e avaliar de forma mais profunda a termodinâmica e termorregulação entre as espécies estudadas.

No entanto, para podermos analisar os dados de uma forma satisfatória e avaliar o efeito da coloração do pelame e suas características nas condições ambientais variadas e de recintos diferentes, utilizamos o ΔT ($T_s - T_a$). Esse parâmetro permitiu avaliar como cada espécie respondia em função da T_a excluindo o efeito temporal do recinto, e assim pudemos observar porções corpóreas que respondiam de forma diferente e potenciais locais de janela térmica. Porém, vale ressaltar que não foi possível descartar o efeito do ciclo circadiano e atividade das espécies devido ao perfil do recinto ser distinto ao longo do tempo.

Dentre as porções corpóreas, a cauda foi identificada como um provável local de janela térmica para as três espécies: a T_s da cauda é semelhante a T_a durante todas as variações observadas, ou seja, ela deve compensava o gasto energético vasodilatando ou vasocontraindo (linhas quase paralelas ao eixo X na Figura 8). Assim, a variação do ΔT da cauda observado em função da T_a é típico de uma janela térmica (ANDRADE et al., 2015) e foi observado nas três espécies estudadas. Tal fato se explica pela região apresentar uma alta razão superfície/volume, baixo isolamento térmico (região juntamente com os membros com menor comprimento de pelos), uma rica vascularização, e principalmente por ter capacidade de ajustar a circulação

sanguínea durante as trocas de calor na medida que a temperatura do ambiente altera (TATTERSALL, 2012; ANDRADE, 2015; TATTERSALL, 2016). Janelas térmicas já foram identificadas em diversos animais, como as orelhas dos elefantes africanos (WEISSENBOCK et al., 2010), os membros pélvicos e as orelhas em cutias (QUEIROZ, J. P., 2016) e o bico do tucano (TATTERSALL et al., 2009).

Além disso, a cauda de *L. rosalia* apresentou os valores de ΔT mais próximos de zero, em relação às outras espécies, principalmente quando o ambiente estava frio (Figura 8), e foi a região com menor isolamento por pelos nas três espécies estudadas. Esse valor de ΔT bastante baixo pode ser influência de uma maior vasoconstrição nessa espécie no frio, uma morfometria da cauda diferente, um maior isolamento que *L. rosalia* possui na cauda (apresentou pelos maiores em relação a cauda das outras duas espécies) e a coloração mais clara que dificulta a absorção de radiação, assim tende a ter T_s menores.

Ventre e face foram identificadas como regiões de hiper radiação para as três espécies durante toda variação da temperatura do meio, isso se deve ao fato de que essas regiões possuem baixa densidade de pelos e maior exposição da pele, logo a troca de calor é facilitada e evidenciada na termografia. Por exemplo, durante as observações, foi visto que os indivíduos buscavam a incidência do sol para aumentar a temperatura corpórea expondo o ventre à luz solar (figura 8B). Apesar de não termos coletado dados no verão, supõem-se que o ventre também seria exposto para dissipação do calor por contato com regiões frias do recinto, assim como foi observado em coalas utilizando troncos de árvores os quais estavam frescos (BRISCOE et al., 2004). Já a T_s da face está diretamente relacionada nos nossos dados com a T_s máxima dos olhos e em diversas espécies essa T_s máxima dos olhos (TMO) vem apresentando relação direta com a temperatura corpórea interna (núcleo) (MCCAFFERTY, D. J., 2007; CHURCH et al., 2009; VOGEL et al., 2016; TATTERSALL et al., 2016; BARROSO et al., 2016). No entanto, não podemos associar diretamente a TMO com a temperatura corpórea, pois não coletados dados internos das espécies durante o estudo, porém não observamos diferenças significativas na TMO das três espécies, indicando que talvez as temperaturas corpóreas não variem entre elas durante a coleta dos dados.

Observou-se que o diâmetro dos pelos não foi significativamente diferente entre as espécies e sexo, somente nas diferentes porções corpóreas. Os pelos mais grossos foram observados na cauda e até momento não existe uma explicação da

variação do diâmetro em diferentes regiões corpóreas de mamíferos. No entanto, o fato do diâmetro não ter divergido entre as espécies pode ser explicado levando em consideração que o peso das três espécies é semelhante. Existe uma relação alométrica positiva para mamíferos entre o diâmetro do pelo e a massa corpórea (REED et al., 2000). Além do diâmetro e comprimento, a densidade dos pelos por unidade de área do tegumento também influencia as trocas de calor, fato que seria analisado mas tivemos dificuldade em obter amostras, porém parece não diferir entre as espécies (constatado durante a obtenção das amostras de pelos, informação visual).

Em relação ao comprimento dos pelos observou-se uma diferença entre os sexos, e as fêmeas apresentaram as maiores diferenças no comprimento dos pelos entre as espécies, principalmente na face, cauda e dorso, já os machos diferiram apenas no comprimento dos pelos da cauda, tal variação sexual do comprimento e provável isolamento térmico deve estar relacionado com características fisiológicas e comportamentais entre os sexos, as quais nunca foram relatadas nas espécies estudadas.

Dentre as três espécies, o *L. rosalia* apresentou pelos mais curtos na face mas, no geral, pelos mais compridos, principalmente na cauda. Essa observação pode explicar o fato da espécie apresentar menor T_s na região dorsal e caudal, dessa forma espera-se que absorva menor quantidade de calor do meio e consequentemente tenderia a ter um maior isolamento do ambiente. A cauda se apresenta como um local de janela térmica, ou seja, área de maior eficiência na troca de calor com meio, assim não seria de se esperar que ocorresse grandes alterações no isolamento térmico dessa região, um aumento de isolamento dificultaria a espécie trocar temperatura com ambiente externo. O fato do *L. rosalia* apresentar pelos mais longos, principalmente, na parte distal da cauda faz com que a temperatura da cauda fique mais baixa em relação às outras duas espécies, pois ocorre um isolamento térmico maior da região em relação ao meio externo, e dificultaria de certa forma as trocas de calor entre indivíduo e ambiente externo. Além disso, ambos os sexos de *L. chrysopygus* apresentaram pelos mais longos nos membros inferiores quando comparado às outras duas espécies. O *L. chrysopygus* tem potencial de absorver mais calor por radiação devido a coloração mais escura dos pelos, e apresentar T_s maiores que *L. rosalia*. Dessa forma deve absorver mais calor externo e a presença de pelos menores na cauda pode facilitar a dissipação quando a T_a aumenta, pois essas espécies tem

facilidade em ganhar calor do meio. A cauda das três espécies observadas tiveram variações na camada de pelos que atuam como isolantes térmicos, assim a cauda que tiver menor comprimento e isolamento térmico seria a mais eficiente nas trocas de calor e permitiria uma melhor termorregulação principalmente durante temperaturas extremas de verão. *L. chrysopygus* e *L. chrysomelas* praticamente não diferiram no comprimento dos pelos da cauda, assim tenderiam a dissipar melhor o calor em ambiente mais extremos, porém tenderiam a sofrer com a perda de calor em ambiente mais frios. No entanto, a coloração mais escura dos pelos no corpo auxiliaria eles a obter calor do meio em relação ao *L. rosalia*, dessa forma essas características podem estar balanceadas de forma que a cor poderia influenciar a termorregulação das espécies devido a termodinâmica envolvida nas variações de temperatura do ambiente e distribuição geográfica desses micos.

A preferência térmica de uma espécie é fato importante para a distribuição em diferentes ecossistemas e dependem de diversos fatores bióticos e abióticos do ambiente, além dos fatores morfofisiológicos das espécies. O gradiente térmico que o ambiente oferece também é determinante para o sucesso e sobrevivência da espécie. Além do gradiente, a capacidade e eficiência nas trocas de calor do indivíduo com o ambiente também é fundamental. Assim, os dados obtidos no presente trabalho podem auxiliar a entender um pouco dos ambientes ecológicos de preferência e ocorrência das três espécies estudadas. Tais como as características morfológicas dos pelos analisadas, perfis térmicos e coloração da pelagem podem assim estar relacionadas com a sua área de ocorrência e preferência térmica.

Por exemplo, a área de ocorrência do *L. rosalia* apresenta temperaturas maiores quando comparada a área de ocorrência do *L. chrysopygus*, e com os dados observados e descritos nesse trabalho a T_s corpórea do mico leão dourado foi menor que a observada no mico leão preto, o que permitiria reduzir o estresse térmico gerado pela alta radiação do infravermelho do ambiente no qual ele é encontrado. Além disso, *L. rosalia* tende a ter pelos maiores na cauda que as outras duas espécies, o que reduziria a eficiência da cauda nas trocas de calor como janela térmica, no entanto, devido a T_s ser menor, essa queda de eficiência não comprometeria sua termorregulação. Além disso, um aumento de isolamento associado a cores mais claras permitem que animal sofra menos com estresse térmico do ambiente se tornando mais independente de trocas com exterior, ainda mais em regiões quentes.

Com essas características *L. rosalia* sofreria muito mais em ambientes frios caso tivesse necessidade de absorver calor do ambiente externo.

Além disso, o *L. rosalia* tenderia a sofrer menos com as alterações climáticas que as outras duas espécies de mico-leão. Enquanto que o *L. chrysopygus* ocorre em temperaturas mais amenas, sendo menos resistente a altas temperaturas, devido ao pelo curto e pigmentação preta. Porém, a relação entre cor e comprimento do pelo com a distribuição das espécies não pode ser aplicada para o *L. chrysomelas*, o qual também apresenta temperaturas ambientais semelhantes a *L. rosalia*, ou seja ambientes mais quentes que *L. chrysopygus*. No entanto, essa espécie apresentou características mais semelhantes ao *L. chrysopygus* (pelos mais curtos, negros e elevada temperatura da região caudal) devido a coloração da região caudal ser majoritariamente preta. Filogeneticamente, os estudos sugerem que *L. rosalia* é mais próximo de *L. chrysopygus*, sendo *L. chrysomelas* a espécie mais distante, além disso o ancestral em comum deveria ter pelos mesclados nas cores determinado pelo gene Agouti (MUNDY E KELLY, 2001). A coloração ou a forma de pigmentação dos pelos de mamíferos envolve dois locus genéticos (Agouti e Extension) que agem diretamente no controle de dois pigmentos (eumelanina – marrom/preto e feomelanina – amarelo/vermelho) (LU et al., 1994), esses genes agem na coloração do corpo todo ou de porções corpóreas e a real função ou razão pode envolver apenas estímulos sensoriais durante sinalização comportamental, ou simples diferenciação entre espécies, e diversas outras hipóteses que foram levantadas.

No presente trabalho, procuramos relacionar a variação de cor entre espécies próximas, a troca de calor com o meio, termorregulação e análises comportamentais em espécies de cativeiro. Diversos parâmetros poderiam ser melhor avaliados e discutidos, porém esses dados preliminares nos permitiram observar uma relação entre pigmentação dos pelos, trocas de calor com ambiente, morfometria dos pelos e distribuição das espécies. Porém, serão necessários trabalhos mais aprofundados que relacionem diversos parâmetros e análises experimentais que foram sugeridas ao longo da discussão para poder relacionar as informações e comprovar as hipóteses levantadas.

6. CONCLUSÕES

Vale ressaltar que esse trabalho foi um estudo preliminar e inédito avaliando a possível relação da coloração do pelame, trocas de calor e comportamento em espécies de primatas ameaçadas de extinção. Diversas dificuldades e limitações tivemos nas observações das espécies estudadas e seriam necessárias metodologias diferentes para poder concluir com embasamento as hipóteses e resultados obtidos, dessa forma se torna um estudo que levanta hipóteses e mostra as dificuldades para trabalhos futuros. Porém, o desenvolvimento do presente estudo possibilitou mostrar a importância da avaliação térmica do recinto do cativeiro, e como esse perfil pode influenciar no comportamento dos indivíduos a serem estudados, gerando gradientes bastante limitados para as espécies dentro de cada cativeiro que podem causar um grande desconforto térmico. Além disso, também permitiu descrever o perfil térmico e observar possíveis regiões de janelas térmicas e dissipação de calor do *L. rosalia*, *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus*. Podemos constatar que a T_s caudal e dorsal de *L. rosalia* são menores que *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus*. A cauda de *L. rosalia* apresentou pelos mais compridos que *L. chrysomelas* e *L. chrysopygus*. Características essas que podem estar associadas para essas duas espécies (*L. rosalia* e *L. chrysopygus*) com condições climáticas de sua distribuição e coloração da pelagem e trocas de calor, no entanto, depende de mais trabalhos com metodologias que deem suporte as hipóteses levantadas e observações realizadas. O estudo teve relevância também na área da conservação das espécies, visto que alterações climáticas já são previstas e afetarão o ambiente de ocorrência do gênero (MEYER et al., 2014).

7. REFERÊNCIAS

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: sampling methods. **Behaviour**. v.49, p. 227-267, 1974.
- ANDRADE, D. V. Thermal windows and heat exchange. V. 2, p. 451, 2015
- BARROSO et al. Assessing the reliability of thermography to infer internal body temperatures of lizards. **Journal of Thermal Biology**, v. 62, p. 90 – 96, 2016.
- BARTHOLOMEW, G. A. A personal view of ecological physiology: origins, assumptions, and themes. **New direction in ecological physiology**, p. 11 – 35, 1987.
- BEENTJES, Michael P. Behavioral thermoregulation of the new zealand sea lion (*Phocarctos hooker*). **Marine Mammal Sci**, v.22, n.2, p. 311 - 325, 2006.
- BICCA-MARQUES, J. C.; CALEGARO-MARQUES, C. Behavioral thermoregulation in a sexually and developmentally dichromatic neotropical primate, the black-and-gold howling monkey (*Alouatta caraya*). **American Journal of Physical Anthropology**, v.106, p. 533-546, 1998.
- BRADLEY, B. J.; MUNDY, N. I. The primate palette: the evolution of Primate coloration. **Evolutionary Anthropology**, v. 17, p. 99 – 111, 2008.
- BRIGHAM, M.; WILLIS, C. Social thermoregulation exerts more influence than microclimate on forest roost preferences by a cavity-dwelling bat. **Behavioral Ecology Sociobiology**, v. 62, p. 97—108, 2007
- BRISCOE et al. Tree-hugging koalas demonstrate a novel thermoregulatory mechanism for arboreal mammals. **Royal society**, p. 1 – 5, 2016.
- CARO, T. The Adaptive Significance of Coloration in Mammal. **Bioscience**, v. 55, n. 2, p.125 - 136, 2015.

CHURCH et al. Recent Applications of Infrared Thermography for Animal Welfare and Veterinary Research: Everything from Chicks to Elephants. **InfraMation**, v. 10, 2009.

GARBINO et al. Garbino, Pelage Variation and Distribution of the Black Lion Tamarin, *Leontopithecus chrysopygus*. **Folia Primatologica**, v. 4, p. 244 - 261

GESTICH et al. Behavioural Thermoregulation in a Small Neotropical Primate. **Ethology**, v. 120, p. 331 - 339, 2013.

HEISER, J. B.; JANIS, C. M.; POUGH, H. **Vertebrate Life**, 6th edn, 2002.

HORMEYR, M. D., LOUW, G. N. Thermoregulation pelage conductance and renal function in the desert-adapted springbok, *Antidorcas marsupialis*. **Journal of arid environments**, v. 13, n. 2, p.137 – 151, 1987.

JORDAN, M.; PAULSON, D. Wing-spreading behavior in Pacific coast cormorants. **Northwestern naturalis**, v. 90, p. 39 - 57, 2009.

KELLEY et al. Behavioral Thermoregulation in *Lemur catta*: The Significance of Sunning and Huddling Behaviors. **American Journal of Primatology**, p. 1 - 10, 2016.

LA SCALA, N.; POCAI, P. L. B.; SILVA, G. Transmissão de Radiação Ultravioleta Através do Pelame e da Epiderme de Bovinos. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 30, n.6, p. 1939 - 1947, 2001.

LU et al. Agouti protein is an antagonist of the melanocyte-stimulating-hormone receptor. **Nature**, v. 371, p. 799 - 802, 1994.

MCCAFFERTY, D. J. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. **Mammal Review**, v. 37, p. 207 – 223, 2007.

MEYER et al. Assessing the exposure of lion tamarins (*Leontopithecus* spp.) to future climate change. **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 6, p.551 - 562, 2013.

MUNDY, N. I.; KELLY, J. Phylogeny of Lion Tamarin (*Leontopithecus* spp) Based on Interphotoreceptor. **American Journal of Primatology**, v. 54, p. 33-4033, 2001.

ORITSLAND, K. R. Solar heating of Mammals: Observations of hair transmittance. **International Journal Biometeor**, v. 22, p. 197-201, 1978.

PATERSON, J. Shape as a factor in primate thermoregulation. **Current Perspectives in Primate Social Dynamics**, p. 228 - 242, 1986.

PEREZ-SWEENEY et al. Examination of the Taxonomy and Diversification of *Leontopithecus* using the Mitochondrial Control Region. **International Journal of Primatology**, v. 29, p. 246 - 263, 2006.

QUEIROZ, J. P. Dinâmica térmica em cutias (*Dasyprocta leporina* Linnaeus, 1758) e preás (*Galea spixii* Wagler, 1831) em ambiente semiárido neotropical. 65 f. Tese (Doutorado) – **Programa de pós-graduação em ciência animal, Universidade federal rural do semiárido**, 2016.

REED et al. Mammalian Hair Diameter as a Possible Mechanism for Host Specialization in Chewing Lice. **Journal of Mammalogy**, v. 81, p. 999 – 1007, 2000.

SCHMIDT-NIELSEN, K.; DUKE, J. B. Temperature regulation. **Animal Physiology: Adaptation and Environment**. 5. ed. Cambridge University Press, 1997, pp. 241—296.f

SKINNER, J. G.; LOUW, G. N. The springbok *Antidorcas marsupialis*. **Transval museum monographs**, v. 10, p. 1 - 50, 1996.

TATTERSALL, et al. Heat exchange from the Toucan bill reveals a controllable vascular thermal radiator. **Science**, v. 468, p. 1 - 4, 2009.

TATTERSALL, G. J.; CADENA, V. Insights into animal temperature adaptations revealed through thermal imaging. **The Imaging Science Journal**, v. 58, p. 262 - 268, 2010.

TATTERSALL, G. J. Coping with thermal challenges: Physiological adaptations to environmental temperatures. **Comprehensive Physiology**, v. 2, p. 2151 – 2202, 2012.

TATTERSALL, G. J. Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 202, p. 78 – 98, 2016.

TERRIEN, et al. Effects of age on thermoregulatory responses during cold exposure in a nonhuman primate, *Microcebus murinus*. **American Journal of Primatology**, v. 295, p. 696 – 703, 2008.

TERRIEN, et al. Behavioral thermoregulation in mammals: a review. **Frontiers in Bioscience**, v. 16, p. 1428 – 1444, 2011.

THOMPSON, et al. **Folia Primatologica**, v.63, p. 131 – 143, 1994.

VOGEL et al. Touch-free measurement of body temperature using close-up thermography of the ocular surface. **MethodsX**, v. 3, p. 407 – 416, 2016.

WEISSENBOCK et al. Thermal windows on the body surface of African elephants (*Loxodonta africana*) studied by infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v. 35, p. 182 – 188, 2010.

8. ANEXOS

Anexo 1: Resultados da seleção de modelos lineares mistos de acordo com Akaike Information Criterion (AIC), os quais testaram o efeito do sexo, região e espécie assim como das interações no diâmetro dos pelos das três espécies. Os modelos com o menor AIC são os melhores e são ressaltados em negrito. Modelos com $\Delta AIC < 2$ são considerados equivalentes.

Variável resposta	Modelo	AIC	Δ AIC
Diâmetro	Região	2473,8	0
	Região:sexo	2480,4	6,6
	Região + região:sexo	2480,4	6,6
	Região + região:espécie	2493,4	19,6

Anexo 2: Valores do diâmetro dos pelos em cada região.

Espécie	Face	Região corpórea	Média do diâmetro	
<i>L. chrysomelas</i> , <i>L. rosalia</i> e <i>L. chrysopygus</i>	Dorso	Cabeça	1,91±0,641	
		inicial	2±4,318	
		Dorso	intermediário	1,96±10
		distal	1,98±0,645	
		inicial	2,23±9,467	
		Cauda	intermediário	2,38±0,645
		distal	2,49±0,65	
		Membro	anterior	1,64±0,649
		posterior	1,75±0,649	
	Ventre	inicial	2,18±0,644	
		Cauda	intermediário	2,46±0,646
		distal	2,3±0,646	
		Membro	anterior	2±0,644
		posterior	1,71±0,646	
		inicial	2±0,642	
		Ventre	intermediário	1,82±0,643
	distal	1,9±0,643		

Anexo 3: Resultados da seleção de modelos lineares mistos de acordo com Akaike Information Criterion (AIC), os quais testaram o efeito do sexo, região e espécie, assim como das interações no comprimento dos pelos das três espécies. Os modelos com o menor AIC são os melhores e são ressaltados em negrito. Modelos com $\Delta AIC < 2$ são considerados equivalentes.

Modelo	AIC	Δ AIC
região + espécie + sexo + região:espécie:sexo + região:espécie + região:sexo	8979,6	0
espécie + sexo + região:espécie:sexo + região:espécie + região:sexo	8979,6	0
região + sexo + região:espécie:sexo + região:espécie + região:sexo	8979,6	0
região + espécie + região:espécie:sexo + região:espécie + região:sexo	8979,6	0
região + espécie + sexo + região:espécie:sexo + região:sexo	8979,6	0
região + espécie + sexo + região:espécie:sexo + região:espécie	8979,6	0
Região + sexo + região:espécie:sexo	8979,6	0
Região:sexo:espécie + região	8979,6	0
Região:sexo:espécie + sexo	8979,6	0

Anexo 4: Valores do comprimento dos pelos em *L. rosalia*, sexo e região corpórea.

Espécie				Sexo	Face	Região corpórea	Média do comprimento
<i>L. rosalia</i>	Fêmea	Dorso	Cabeça				32,3±2,794
				Dorso	proximal	28,2±6,763	
					intermediário	46,1±2,792	
			distal		38,7±1,53		
			Cauda	proximal	23±3,491		
				intermediário	21,2±3,711		
				distal	37,6±1,975		
		Membro	anterior	15,9±8,646			
			posterior	27,9±0,0101			
		Ventre	Cauda	proximal	19,3±10,119		
				intermediário	22,5±8,88		
				distal	38,1±8,855		
			Membro	anterior	18,8±8,862		
				posterior	23,5±10,101		
	Ventre		proximal	22,2±10,144			
			intermediário	35,8±8,893			
	Macho	Dorso	Cabeça	distal	31,4±8,891		
					29,7±8,828		
					27,5±2,839		
		Dorso	Dorso	intermediário	44,6±8,135		
distal				34,2±8,76			
Cauda				proximal	19,6±8,205		
	intermediário	25,2±8,197					
	distal	35,4±8,133					
Ventre	Membro	anterior	16,8±8,694				
		posterior	27,2±9,018				
	Cauda	proximal	19,1±8,731				
		intermediário	20,3±8,702				
		distal	36,2±8,639				
	Ventre	Membro	anterior	17±9,172			
posterior			25,1±8,831				
Ventre		proximal	26,1±8,712				
	intermediário	26,9±8,131					
	distal	22,8±8,163					

Apêndice 6: Valores do comprimento dos pelos em *L. chrysopygus*, sexo e região corpórea.

</