
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARINA ALMEIDA SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO COMPORTAMENTAL DO
MICO-LEÃO-PRETO (*LEONTOPITHECUS
CHRYSOPYGUS*) ATRAVÉS DE
ACELERÔMETRO TRI-AXIAL**

MARINA ALMEIDA SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO COMPORTAMENTAL DO MICO-LEÃO-PRETO
(*LEONTOPITHECUS CHRYSOPYGUS*) ATRAVÉS DE
ACELERÔMETRO TRI-AXIAL**

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

Orientador: Gabriela Cabral Rezende

Supervisor: Laurence Marianne Vincianne Culot

Rio Claro - SP
2023

S729i

Souza, Marina Almeida

Identificação comportamental do mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) através de acelerômetro tri-axial / Marina Almeida
Souza. -- Rio Claro, 2023

65 f. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas)
- Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio
Claro

Orientadora: Gabriela Cabral Rezende

1. Mastozoologia. 2. Comportamento. 3. Acelerômetros. 4.
Mico-leão-preto. 5. Primates. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

MARINA ALMEIDA SOUZA

**IDENTIFICAÇÃO COMPORTAMENTAL DO MICO-LEÃO-PRETO
(*LEONTOPITHECUS CHRYSOPYGUS*) ATRAVÉS DE
ACELERÔMETRO TRI-AXIAL**

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

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Gabriela Cabral Rezende

Prof^a. Dr^a. Laurence Marianne Vincianne Culot

Prof. Dr. Milton César Ribeiro

Prof. Dr. Marco Aurélio Pizo Ferreira

Aprovado em: 26 de julho de 2023



Assinatura da discente



Assinatura da orientadora



Assinatura da supervisora

*Dedico o presente trabalho a todas as pessoas que estão sobrevivendo com o sonho
de, futuramente, finalmente viverem.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) através da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) – processo nº 04/2021. A coleta de dados em campo só foi possível com apoio das bolsas oferecidas à orientadora Gabriela Cabral Rezende – **processo nº 2017/11962-9, Fundação de amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, e Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) **processo nº 2020/10617-9 , Fundação de amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** – Projeto Jovem Pesquisador oferecido à supervisora Laurence Culot – **processo nº 2014/14739-0, Fundação de amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** - e dos financiadores do Programa de Conservação do Mico-Leão-Preto do IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas (Disney Conservation Fund, Durrell Wildlife Conservation Trust, Whitley Fund for Nature, Idea Wild, Primate Action Fund, Margot Marsh Biodiversity Foundation/Re:Wild).

Primeiramente, quero agradecer ao Laboratório de Primatologia da UNESP – RC pela oportunidade de desenvolver um trabalho tão importante e desafiador, principalmente à minha orientadora Gabriela Rezende e à minha supervisora Laurance Culot. Sem vocês, eu não poderia ter tido as experiências em campo, um sonho de infância, e as experiências em análise. Vocês me ajudaram a reacender o amor pela ciência, obrigada! Além disso, pude conhecer pessoas maravilhosas, todas que me ajudaram muito durante essa longa jornada de dois anos. Vinícius, Daniel, Carol, Wilsinho e André: eu não pediria por outra equipe de campo melhor. Vocês me ajudaram muito, e, apesar de todos os perrengues, conseguimos! Tenho saudade de todos e espero poder trabalhar com vocês novamente, pois vocês têm minha infinita admiração. O trabalho de vocês que até agora citei é lindo, continuem fortes num país em que a pesquisa é tão desprezada. Conjuntamente, agradeço ao IPÊ por ter nos ajudado e incentivado à pesquisa na área de conservação, e à UNESP por ter me acolhido e me ensinado desde 2017. Que experiência!

Aos amigos, o que posso falar? Vocês foram minhas âncoras, de verdade. Ao grupo do All Moço, ao La Cafeteria (principalmente Lima, Patatin, Gabsouto, Lorenza e

Enzinho), às minhas queridas Luanas, ao Bruno, ao Arthur, ao Bryan e à Melissa, eu não tenho palavras para descrever o quanto vocês me ajudaram. Serei de um clichê “breguíssimo”: nos momentos baixos, vocês me levantaram e me lembraram que eu valho à pena, e que eu posso fazer coisas extraordinárias, assim como vocês. Nos momentos de dúvidas, vocês me chacoalharam e me tiraram certezas. As companhias, as conversas, os presentes (principalmente em alimentos), foram de suma importância para minha sanidade durante toda a faculdade. MUITÍSSIMO obrigada!

Um parágrafo somente para você, minha psicóloga Camila. Sua ajuda continua sendo importantíssima. Obrigada por confiar em mim e acreditar que eu possa sobreviver nesse mundo. Estamos na luta, continuando um tratamento árduo, porém efetivo. Agradeço também por não desistir de mim, e me dar broncas quando necessário. Elas me abrem os olhos e me fazem querer melhorar. Você chegou recentemente, mas me fez evoluir de um modo que eu não esperava.

FAMÍLIA! Querida Família! Mãe Márcia, pai Itamar, vó Meire e vó Cida, os principais para minha evolução. Desde sempre me incentivando, me auxiliando, me apoiando a estudar e seguir o meu sonho de ser cientista. Tios, tias, primos, primas. Obrigada por me apoiarem quando viram o meu potencial crescer mais e mais. Eu ainda tenho um longo caminho, mas vocês seguram a minha mão e me ajudam a caminhar em terrenos tão tortuosos. Família também inclui pets! Spike, meu querido cachorro, você nem sabe ler, mas obrigada por ser meu suporte emocional sem entender nada. Jamais me julgou, se deitou ao meu lado em dias ansiosos e tristes, me alegrou em dias já alegres, e me confortou nos dias de lágrimas. Como pode um bichinho tão pequenino e desentendido fazer tudo isso? Te amo mais que tudo.

Por último, e não menos importante, quero agradecer a mim mesma. Eu me aturo 24 horas todos os dias desde que eu nasci, não é brincadeira não. Eu tirei forças, não sei de onde, para continuar com a cabeça levantada depois de tantas desventuras em série. Obrigada, eu. Escolhi as músicas certas, os livros certos, os entretenimentos infalíveis, para me manter aqui. Sem você eu não estaria viva.

“Com o mico, todo dia é diferente. Cada hora uma surpresa.” (JOSÉ WILSON
ALVES, 2021)

RESUMO

O presente trabalho apresenta a investigação comportamental do mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) no Parque Estadual Morro do Diabo, interior de São Paulo, através do monitoramento remoto usando acelerômetro tri-axial. Graças à tecnologia desses aparelhos sensíveis ao movimento e postura dos animais, hoje temos a oportunidade de estudar o dia a dia dos indivíduos à distância, detectando ondas de registros de acordo com sua programação em Hertz, identificando, então, padrões de movimento e comportamento. Como objetivo geral desta pesquisa, buscamos determinar um conjunto de parâmetros de ondas detectadas pelos eixos do acelerômetro, associando, assim, com cada tipo de comportamento observado dos micos-leões-pretos. Para isso, validamos a classificação de comportamentos em dados de acelerômetro instalados na espécie na natureza, validamos e testamos quais variáveis poderiam contribuir melhor às regras relativas a cada comportamento. Monitoramos ao longo de uma semana um casal de micos-leões-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*) no Parque Estadual Morro do Diabo, Teodoro Sampaio - SP, através da coleta observacional de dados de comportamento (focal contínuo) e utilizando acelerômetro triaxial no macho. O equipamento foi programado para fazer 25 registros por segundo de sua movimentação. Elaboramos um conjunto de regras no software de análise Daily Diary Multiple Trace Graphing Tool (Wildbyte Technologies Ltd.) que detectou e classificou comportamentos de diferentes intensidades, focando somente na variável sVeDBA (Smoothed Vector of the Dynamic Body Acceleration – Vetor da Aceleração Corporal Dinâmica). Posteriormente, com base em comportamentos observados em animais de cativeiro, buscamos intervalos de valores representativos de cada comportamento na variável VeDBA e nos três eixos do acelerômetro, visando melhorar as regras para classificação de comportamentos. Também comparamos esses intervalos aos dados coletados em campo. Ainda assim, para os micos, os acelerômetros geram vetores de complexa interpretação, dada a amplitude do espaço tridimensional pelo qual se movimentam, resultando em alta taxa de Falsos Positivos a partir das regras inicialmente estabelecidas. Apesar de não ter conseguido estabelecer um conjunto de regras para os comportamentos,

neste trabalho evidenciamos o potencial de uso de acelerômetros em estudos de comportamento, mostrando ser um grande auxiliar na obtenção de informações comportamentais conjuntamente com os métodos tradicionais de observação, possibilitando o registro de comportamentos que não puderam ser observados pelos pesquisadores. Concluímos que para a elaboração de regras mais complexas para um orçamento de atividades mais refinado, é necessária a coleta de mais dados observacionais, usar, e aprimorar técnicas *de machine learning* para animais tão pequenos e rápidos.

Palavras-chave: comportamento; mico-leão-preto; *Leontopithecus chrysopygus*; acelerômetro.

ABSTRACT

Our current work presents the behavioral investigation of the black lion tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*) situated at Morro do Diabo State Park, São Paulo, through the use of a tri-axial accelerometer for remote monitoring. Thanks to its movement and posture sensitive technology, we have the opportunity to study the day to day life of individuals from a distance, detecting waves of registers according to its programmed measurement in Hertz, identifying patterns of movement and behavior. Our main objective is to determine a parameter of waves detected by the three axis of the device, and then associating each behavior to a set of rules based on the latter. Therefore, we validated the behaviors through the data given by the accelerometer installed on a free individual, then compared its use to the traditional common methods of behavioral studies. We monitored two individuals for one week, through observational data collection (continuous focal) while the device was identifying every movement of a male black lion tamarin. The equipment was programmed to register 25 behavior data per second. We managed to associate an ensemble of rules through the Daily Diary Multiple Trace Graphing Tool (Wildbyte Technologies Ltd.) software, that detected True behaviors, focusing on the VeDBA (Vector of the Dynamic Body Acceleration) Variable. Still, for the black lion tamarin, the accelerometers generate vectors of complex interpretation, given the tridimensional space amplitude available for their movement, resulting on a big False Positives rate. Even so, our study shows the potential for the use of tri-axial accelerometers on behavioral studies as a great assistant, along with traditional methods, for informations that we can't see as researchers. We conclude that, the elaboration of more complex rules for a time budget, more observational data is needed, along with the improvement of machine learning techniques, for such small and elusive animals.

Key words: behavior, black lion tamarin; *Leontopithecus chrysopygus*; accelerometer.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo geral.....	17
1.2	Objetivo específico.....	17
2.	METODOLOGIA	17
2.1	Área de estudo.....	17
2.2	Coleta de dados.....	19
2.3	Análise dos dados.....	23
2.4	Classificação dos dados dos acelerômetros em comportamentos.....	23
3.	RESULTADOS.....	27
3.1	Histogramas.....	34
3.1..1	<i>Cativeiro.</i>	34
3.1..2	<i>Campo</i>	49
4.	DISCUSSÃO	62
5.	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS.....	63

1. INTRODUÇÃO

Bio-logging é um método crescente no monitoramento de animais. Ele consiste no acoplamento de dispositivos em indivíduos para a obtenção de dados variados, como comportamento e fisiologia, principalmente naqueles que são de difícil visualização ou acompanhamento direto, por exemplo, animais marinhos (HOOKER *et al.*, 2007). O avanço tecnológico permite que a coleta de dados seja refinada, possibilitando o entendimento cada vez mais profundo da biologia e ecologia das espécies, e facilitando o desenvolvimento de estratégias para sua conservação (SEQUEIRA *et al.*, 2020; HOOKER *et al.*, 2007). No presente estudo, acelerômetros foram utilizados em mico-leões-pretos para validar a classificação de comportamento através desse método, e comparar o uso de acelerômetros com métodos tradicionais (observação *in situ* e registro) para a obtenção de dados.

O mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*) é um pequeno primata endêmico da Mata Atlântica do interior de São Paulo (**Figura 1 A**), a qual vem sofrendo um grande processo de fragmentação (RIBEIRO *et al.*, 2009). A espécie vive em grupos familiares de 2 a 8 indivíduos, liderados por uma fêmea dominante (REZENDE *et al.*, 2020). Dormem em ocos e realizam suas atividades durante o dia, sendo importantes dispersores em áreas degradadas (WINTER, 2016). Apesar de sobreviverem em fragmentos, possuem uma área de vida que pode chegar a 4 km² (VALLADARES-PADUA, 1993). A espécie corre grave risco de extinção, sendo classificada na categoria Em Perigo pela IUCN (REZENDE *et al.*, 2020). O estudo comportamental ajuda na compreensão da sua realidade com mais detalhes, consequentemente trazendo maiores informações sobre como a fragmentação e degradação de seu habitat a afetam. Nesse sentido, o uso dos acelerômetros acoplados a indivíduos na natureza pode auxiliar na obtenção de dados comportamentais, além de monitorar sua movimentação e gasto energético diário.

O acelerômetro tri-axial é um aparelho eletrônico composto de sensores de movimento extremamente sensíveis, capazes de capturar qualquer movimento feito pelo animal que o carrega numa escala fina, através da medição em três eixos- sway, surge e heave- X, Y, e Z, respectivamente

(Figura 1 B) (BROWN *et al.*, 2013). Além da mudança de velocidade, os acelerômetros também medem a mudança de postura, até mesmo as mais sutis, agregando à análise comportamental (GUNNER, 2020). Dada a capacidade do equipamento de coletar dados em frequências de infra-segundos (nesse estudo, a 25Hz, ou 25 registros por segundo em cada eixo; em cativairo, 40 Hz), os resultados permitem identificar mudanças mínimas na movimentação dos animais monitorados. A identificação de padrões nessa movimentação possibilita a definição de comportamentos dos micos-leões-pretos ao longo do tempo através do monitoramento remoto e, portanto, a construção do orçamento temporal de atividades a uma precisão de segundos, sem a presença do pesquisador no campo (WILSON *et al.*, 2018).

O método tradicional de observação em campo e o uso de acelerômetros podem se complementar muito bem, de modo que ambos têm vantagens e limitações. O primeiro, não traz resultados tão precisos. É impossível relatar tudo o que os indivíduos fazem por 24 horas, e os métodos mais famosos, como o focal e o *scan*, pedem um descanso da observação para a realização das anotações. Ademais, não é possível que o observador perceba comportamentos de curta duração e mudanças de postura sutis. Por fim, a presença de humanos pode influenciar o comportamento dos animais, mesmo dos mais habituados à sua presença. Em contrapartida, os acelerômetros podem apresentar resultados equívocos. É possível que o equipamento mude de posição em relação ao seu posicionamento inicial no animal (WILSON *et al.*, 2008), ou que fatores externos, como ventos fortes e chuvas, interfiram no funcionamento do aparelho, levando à formação de ondas inexistentes. Outra problemática é o estresse causado no indivíduo que carrega o acelerômetro que, apesar de equivaler a menos de 5% do peso do indivíduo, o processo de colocá-lo e carregá-lo por 24 horas pode afetar o modo de vida do animal. Além disso, a extração de resultados não é um trabalho simples, principalmente se tratando de animais que se movimentam rápido. Por esse motivo, é necessário calibrar o equipamento e validar os dados coletados a partir de observações feitas diretamente em campo, na tentativa de minimizar erros nas análises ou interpretações equivocadas nos resultados.

Nesse contexto, esse estudo procura determinar regras de identificação comportamental através das ondas do acelerômetro. Para isso, monitoramos um casal de micos-leões-pretos em campo através da observação do indivíduo portador do acelerômetro, fazendo registros de comportamento por focal contínuo para comparar com os dados coletados remotamente pelos acelerômetros, principalmente para comportamentos de descanso vs. movimento. Destes acelerômetros, extraímos os comportamentos a partir da elaboração de regras que podem traduzir os padrões de movimento e posturas para a elaboração de orçamentos temporais de atividade.

1.1 Objetivo geral

- Validar a classificação de comportamentos em dados de acelerômetro instalados em micos-leões-pretos selvagens.

1.2 Objetivo específico

- Comparar o uso de acelerômetros com os métodos tradicionais na obtenção de dados comportamentais;
- Identificar regras que podem inferir o comportamento do mico-leão-preto de vida livre através de dados obtidos por acelerômetros.

2. METODOLOGIA

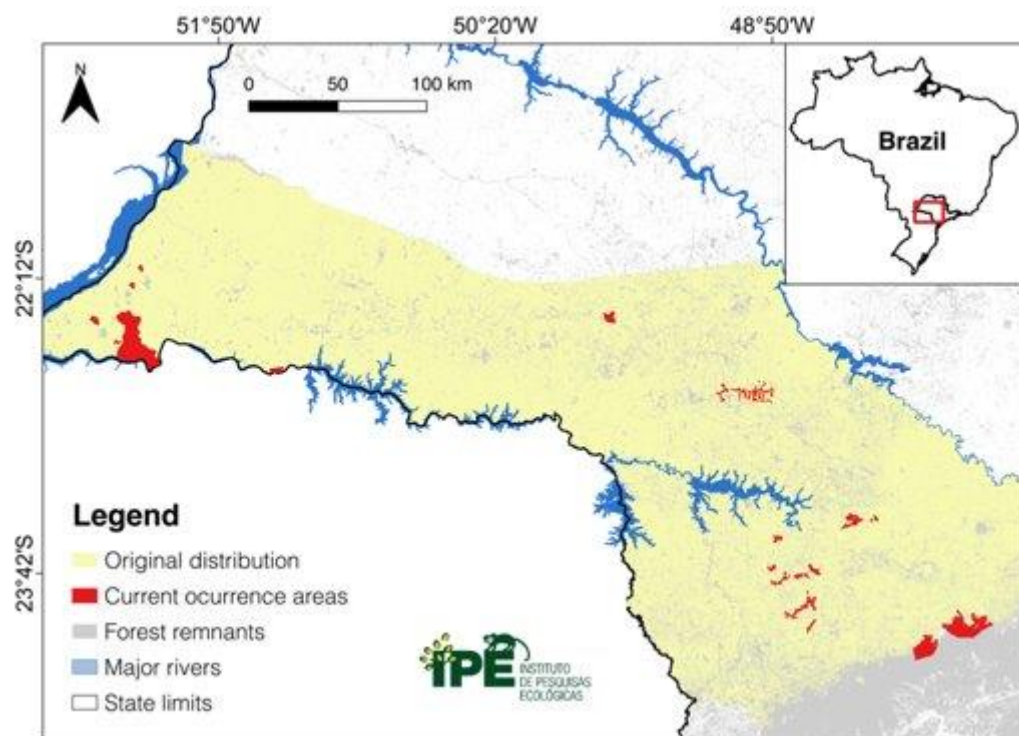
2.1 Área de estudo

Durante os meses de julho a novembro 2021, o estudo tomou parte no Parque Estadual Morro do Diabo (33.800 ha; 22°32'43"S, 52°18'17"O) no município de Teodoro Sampaio, SP. O clima da região, em geral, tem duas estações bem demarcadas: o verão quente e úmido, entre outubro e março, podendo chegar a 32,3°C, enquanto o inverno é seco e frio, entre abril e setembro, atingindo em média 11,1°C (FARIA *et al.*, 2006).

O Parque possui a maior área preservada contínua de Mata Atlântica

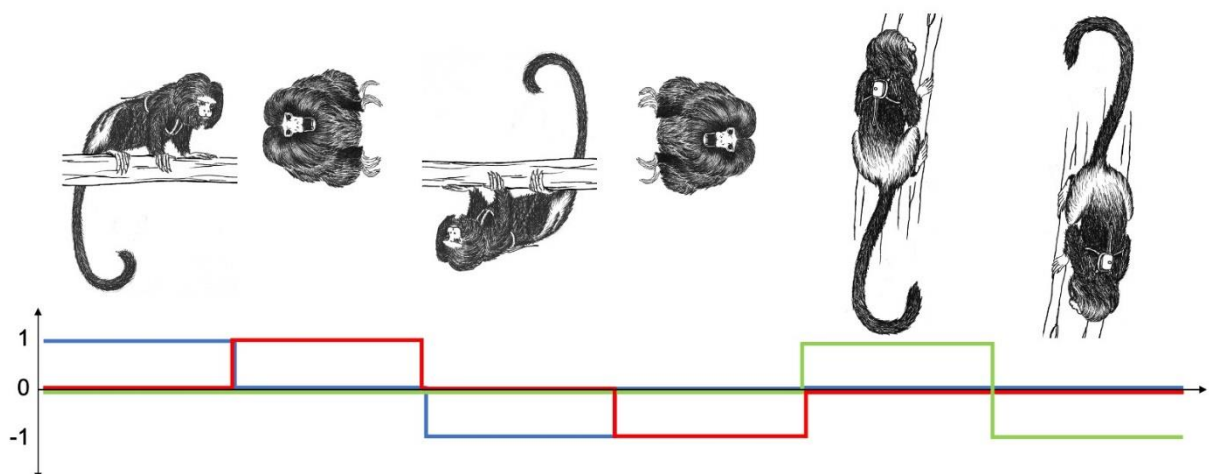
no interior do estado de São Paulo e abriga a maior população de micos-leões-pretos conhecida, estimada em cerca de 1200 indivíduos, com densidade populacional de 0.035 ind/ha, e grupos com a média de 5.22 indivíduos (PARANHOS, 2006).

Figura 1 A. Mapa da área de ocorrências do mico-leão-preto.



Fonte: Instituto de Pesquisas Ecológicas, 2021

Figura 1 B. Ondas do acelerômetro de acordo com a posição mico-leão-preto.



Elaboração: Gabriela Rezende. Ilustração dos micos: Gustavo Libardi.

2.2 Coleta de dados

A etapa da captura foi conduzida para o projeto principal, o qual esse trabalho está vinculado (tese de doutorado de Gabriela C. Rezende, intitulado "Uso do habitat, padrões de movimento e gasto energético de micos-leões-pretos (*Leontopithecus chrysopygus*). Após diversas tentativas, o processo foi feito com sucesso apenas no mês de novembro. Durante uma semana, um grupo composto por dois indivíduos, um macho adulto de 650 gramas e uma fêmea adulta de 610 gramas, foi acompanhado diariamente desde sua saída do oco (entre 5:30 e 6:00) até seu recolhimento (entre 18:00 e 18:30). O macho foi escolhido como portador do dispositivo (TechnoSmart, Axy Trek, Italy) que continha GPS e acelerômetro (uma "mochila" de 12 gramas) por ter maior massa corpórea e não apresentar risco de prenhez durante o período em que carregava a mochila, o que adicionaria peso à fêmea (**Figura 2**). Para facilitar a identificação durante o acompanhamento do macho, foi feita uma marcação através de tricotomia em sua cauda, pois, por ter os pelos compridos, a visualização da mochila era difícil a longa distância. A programação do dispositivo para a coleta de dados consistiu, para o GPS, no registro de localizações a cada 10 minutos durante o período de atividade do animal (estimado entre 6:00 e 19:00) e, para o acelerômetro, no registro de movimentos a partir dos três eixos a uma frequência de 25 Hz, ao longo das 24 horas diárias. Após 8 dias, o animal foi recapturado para garantir a recuperação do equipamento e dos dados.

Todas as capturas foram realizadas com o apoio da equipe do Programa de Conservação do Mico-leão-preto, do IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas, e a presença de um veterinário. Os animais foram anestesiados durante todo o procedimento para reduzir o estresse (indução anestésica inalatória com isoflurano) e manipulados de acordo com os protocolos descritos em "Protocolos de Captura para Micos-leões (*Leontopithecus* spp.) na natureza" (ICMBio, em prep.). As licenças para captura, manejo e monitoramento de animais foram devidamente fornecidas pelos órgãos responsáveis (SISBio 41375 e 62116; COTEC nº 167/2015) e o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNESP (Decisão CEUA IB-UNESP-CRC nº

12/2018)

Figura 2. Macho com o acelerômetro instalado em seu dorso



Fonte: Autores, 2021.

O acompanhamento comportamental do macho foi abordado por focal contínuo (Altmann, 1974). O etograma utilizado e a descrição de cada comportamento está apresentado na Tabela 1. O focal contínuo, inicialmente, foi feito num período de 1 minuto a cada 10 minutos, acompanhando os horários do GPS. Após dificuldades de visualização dos indivíduos, para melhores resultados das coletas, o focal contínuo foi feito sempre que o indivíduo estava visível, com duração mínima de 10 segundos, e máxima de 1 minuto, registrando o horário exato de ocorrência de cada comportamento, conjuntamente com o uso de gravações de áudio e vídeos que permitiram a extração dos registros com maior precisão de tempo (hh:mm:ss). Apesar de reforçar a confiança do que foi anotado, as gravações foram feitas em pontos específicos, não abordando todos os encontros com os indivíduos, pois aqueles de curta duração não foram gravados, somente anotados. Mesmo assim, durante as gravações, as marcas de tempo eram faladas, e os comportamentos eram narrados, o que auxiliou na revisão da maioria das anotações.

Tabela 1. Etograma e descrição de cada comportamento registrado nas observações em campo

Categorias de comportamento para etograma <i>in situ</i>	Categorias de comportamentos para etograma dos vídeos/áudios	Descrição
Resting/Inactive (Descanso/Inatividade)	Resting_laying (Descanso deitado)	RL – o animal está inativo (não se movendo) e não executando nenhuma outra atividade, numa posição horizontal, deitado numa superfície.
	Resting_sitting (Descanso sentado)	RS – o animal está inativo (não se movendo) e não executando nenhuma outra atividade, numa posição sentada numa superfície.
	Resting_clinging (Descanso vertical)	RC - o animal está inativo (não se movendo) e não executando nenhuma outra atividade, numa posição vertical, se agarrando num tronco de árvore ou num emaranhado.
Traveling (Viagem)	Moving_long (Movimento longo)	ML – movimento entre as árvores ou poleiros, mudando de local direcionalmente, num contexto de viagem em grupo numa direção aparentemente orientada a um destino.
Moving (Movimento)	Moving_short_hor (Movimento curto horizontal)	MH – movimento horizontal dentro de uma área restrita; mudando de posição espacial, somente incluindo movimentos curtos, e aparentemente não direcionais nos casos em que o grupo engaja em atividades de não viagem.
	Moving_short_ver (Movimento curto vertical)	MV – movimento vertical dentro de uma área restrita; mudando de posição especial.

Jumping (Salto)	Jumping (Salto)	JU – pulando entre árvores, caules, ou poleiros. Pode ser vertical ou horizontal.
Feeding (Alimentação)	Feeding (Alimentação)	FE – mastigação e ingestão de alimentos, principalmente frutas, e geralmente o animal está em pé perto da fonte de alimentos.
Foraging (Forrageio)	Foraging (Forrageio)	FO – busca ativa e manipulação de alimentos, geralmente vertebrados e invertebrados.
Marking (Marcação)	Marking (Marcação)	MA – esfregar glândulas de odor em superfícies (caules de árvores etc.)
Self-grooming (Auto-catação)	Self-grooming (Auto-catação)	SG – limpeza do pelo feita pelo próprio animal.
Scratching (Coceira)	Scratching (Coceira)	SC – coçar as costas usando as pernas dianteiras ou traseiras. Geralmente na área do acelerômetro.
Loud_call (Vocalização)	Loud_call (Vocalização)	LC – vocalização do chamado alto
Non-identified (Não Identificado)	Non-identified (Não Identificado)	NI – quando o animal está fora do campo de visão ou quando o comportamento não pode ser enquadrado nas categorias anteriores

Fonte: Autores, 2021

As planilhas em papel eram constituídas de duas partes. Para as anotações do método focal contínuo padronizado, foram construídas colunas

com as siglas dos comportamentos, enquanto as linhas continham os horários os quais os registros eram feitos. Em cada célula, os segundos em que os comportamentos ocorriam eram registrados (Figura 3 A). Já para o focal contínuo sem padronização de tempo, as siglas correspondentes aos comportamentos foram colocadas em linhas, enquanto os horários completos foram escritos em sua frente. Todas as planilhas continham uma coluna para observações, a modo de especificar a situação e o contexto de alguns eventos específicos (Figura 3 B). Em ambas, o início e o fim dos comportamentos foram anotados, sendo que o começo de um comportamento marcava o fim do anterior, pois, com os micos-leões-pretos, comportamentos podem durar menos que um segundo.

Figura 3 A. Modelo de planilha de registros do focal contínuo

Horário	RL	RS	CL	ML	MV	MH	JU	FE	FO	CO	NI
06:00											
06:10											
06:20											
06:30											
06:40											
06:50											
07:00											
07:10											
07:20											
07:30											
07:40											
07:50											
10:10		0			10						12
10:20											x
10:30											v

Na coluna à esquerda, marcam-se as horas e os minutos, enquanto nas linhas correspondentes, marcam-se os segundos abaixo do comportamento observado. No exemplo acima, indica-se que o comportamento de Resting Sitting começou às 10:10:00 e terminou às 10:10:10, quando o comportamento de Moving Vertical começou. Este último terminou às 10:10:12, quando perdemos o indivíduo de vista (Não Identificado). Nesse caso, o focal não foi completo, pois não podíamos inferir o comportamento do indivíduo sem observá-lo diretamente.

Fonte: Autores, 2021

Figura 3 B. Modelo de planilha de registros do focal contínuo sem padrões de tempo

Horários	Comportamentos	Observações
06:03	Saída do Oco	Fêmea saiu seguida do macho
07:10:40	ML	
07:11:10	NI	Entrou na bagaceira e desapareceu
07:11:13	JU	3 pulos seguidos, o primeiro sendo para fora da bagaceira

Fonte: Autores, 2021

Após cada dia de pesquisa em campo, todos os comportamentos registrados em papel foram computados numa planilha, para que no final as quantificações dos comportamentos e de sua duração pudessem ser feitas. Para os comportamentos que foram filmados e gravados em voz, analisamos os arquivos de mídia no software de comportamento BORIS (Universtà degli Studi di Torino, Itália; Friard & Gamba, 2016). O BORIS (Behavioral Observation Research Interactive Software) é um programa que possibilita a montagem de orçamentos temporais e etogramas, a partir da observação de vídeos e registros de áudios, de acordo com o método de registro adotado pelo pesquisador, facilitando a contagem de duração e especificidade do indivíduo de estudo.

2.3 Análise dos dados

Para a quantificação dos registros relativos a cada comportamento, foi feita a soma de todos os eventos registrados. Já para a quantificação da duração de cada comportamento diário, dois métodos foram utilizados. Para estimativa da duração do comportamento em relação a cada registro observado, foi feita uma simples subtração do horário de início do comportamento presente (C1) e o comportamento subsequente (C2) (Eq. 1). Para que essa duração pudesse ser pareada com os registros do acelerômetro no software de análise, a duração (em segundos) de cada evento (C) foi multiplicada por 25 (Eq. 2), transformando a duração para a mesma escala de registro dos dados, ou seja, 25 Hz (ou 25 registros de comportamento por segundo).

$$C2 - C1 \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$C * 25 \quad \text{(Eq. 2)}$$

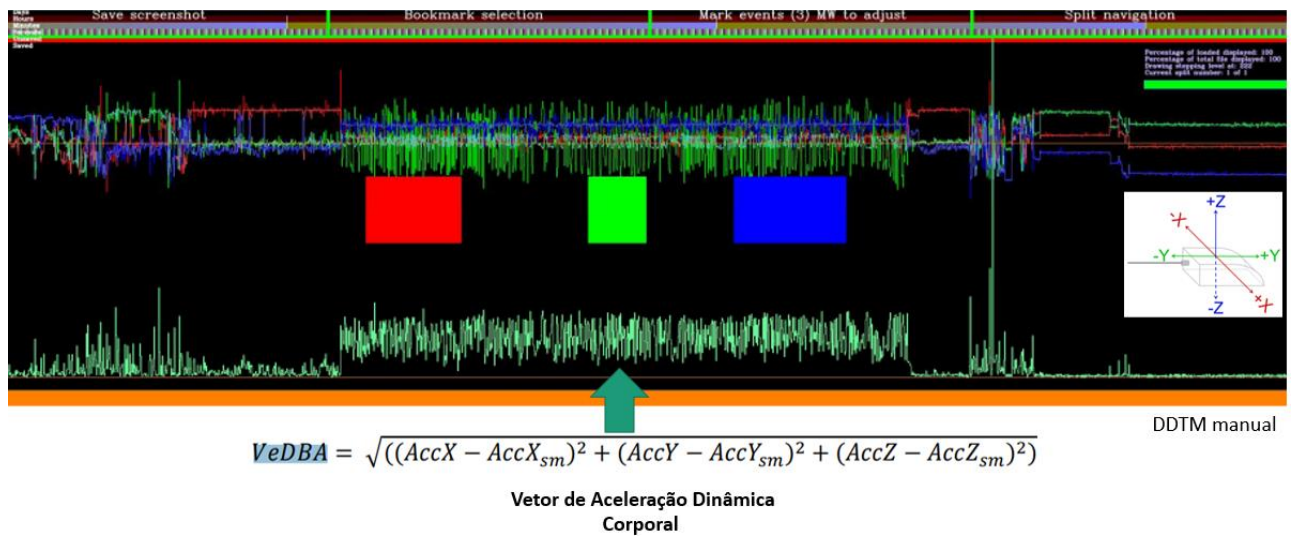
2.4 Classificação dos dados dos acelerômetros em comportamentos

A classificação dos comportamentos interpretados pelos dados do acelerômetro foi feita através do método algorítmico LoCoD (*Lowest Common Denominator*). A construção desses algoritmos consiste na elaboração de regras que sejam capazes de descrever os padrões de movimento relativo a um

comportamento particular, conforme observado previamente *in situ* pelo pesquisador (WILSON *et al.*, 2019). Para definir as regras, utilizamos a extensão “*Behaviour Builder*” do programa DDMT (Daily Diary Multiple Trace Graphing Tool, Wildbyte Technologies Ltd., Swansea, UK), desenvolvido pelo Laboratório de Swansea para Movimentação Animal, Universidade de Swansea (Reino Unido) (GUNNER *et al.*, 2020). O software permite visualizar graficamente os dados dos acelerômetros e marcar os intervalos de tempo em que cada comportamento foi executado a partir dos orçamentos temporais construídos pelas observações (**Figura 4**). Com isso, podemos elaborar as regras a partir de padrões visuais (comportamento das curvas dos vetores do acelerômetro) e quantitativos (valores atribuídos a esses registros de acelerômetro) e, com elas, segmentar os registros de acelerômetro em comportamentos para a elaboração de um orçamento temporal a partir dos dados do acelerômetro.

Dividimos os dados observados em dois conjuntos: treinamento (60% dos registros) e validação (40%). O primeiro conjunto foi utilizado para a construção das regras, e o segundo, para avaliar as taxas de detecção dos comportamentos a partir das mesmas. Inicialmente, trabalhamos na diferenciação entre descanso (“Resting”, englobando “Resting Sitting”, “Resting Laying”, e “Resting Clinging”) e atividade (“Moving” - englobando “Moving Short Horizontal”, “Moving Short Vertical”, e “Moving Long”). Para isso, utilizamos a variável sVeDBA (smoothed Vectorial Dynamic Body Acceleration) - Vetor suavizado da Aceleração Dinâmica do Corpo, que trata da soma dos valores vetoriais relativos aos três eixos do acelerômetro, a qual aplicamos uma média contínua a cada 125 registros (5 segundos) para produzir sVeDBA. (**Figura 4**).

Figura 4. Software DDMT e esquema do acelerômetro



Fonte: Autores, 2022

Posteriormente, estabelecemos outras subcategorias de atividade com base na intensidade do movimento, ou seja, quanto maior o valor de VeDBA, mais intenso o movimento. Identificamos intervalos de valor limiar de VeDBA que representassem comportamentos de Inatividade/Descanso, Movimentos Leves, Movimentos Moderados, e Movimentos Intensos, com base na observação do comportamento das ondas no programa (**Tabela 2**). A partir dos dados observacionais, associamos comportamentos específicos a cada uma dessas subcategorias para posterior validação.

Tabela 2. Categorias comportamentais e respectivos intervalos de sVeDBA para classificação e validação

Categorias de comportamentos intervalos de sVeDBA para classificação dos comportamentos	Subcategorias de comportamentos para validação das classificações
Descanso/Inatividade sVeDBA ≤ 0.05	<i>Resting Laying</i> <i>Resting Sitting</i> <i>Resting Clinging</i>
Movimento Leve 0.05 < sVeDBA ≤ 0.4	<i>Feeding</i> <i>Self Grooming</i> <i>Loud Call</i> <i>Marking</i>
Movimento Moderado 0.4 < sVeDBA ≤ 0.8	<i>Moving Short Horizontal</i>

	<i>Moving Short Vertical</i>
Movimento Intenso sVeDBA > 0.8	<i>Moving Long</i> <i>Scratching</i> <i>Jumping</i>

Fonte: Autores, 2022

Para concluir esta etapa, avaliamos as taxas de detecção de cada regra no conjunto de dados de validação. Contabilizamos os eventos relativos aos comportamentos observados de acordo com as regras de classificação que segmentaram os registros do acelerômetro. A contabilização dos eventos foi separada nas seguintes categorias:

- **Observações Manuais:** Observações feitas em campo de cada comportamento.
- **Observações Computadas:** Observações detectadas considerando as regras de intervalo de valores de VeDBA para cada categoria.
- **Verdadeiros:** Contabilização manual de cada vez que a regra para uma determinada categoria identificava corretamente o comportamento observado (subcategoria).
- **Falsos Positivos:** Contabilização manual de cada vez que a regra para uma determinada categoria identificava um comportamento diferente do observado (subcategoria). Dentro de um determinado intervalo de comportamentos, se houvesse qualquer registro do acelerômetro classificado como um comportamento diferente da categoria definida pela regra, este registro era contabilizado como falso positivo.
- **Falsos Negativos:** Contabilização manual de cada vez que um determinado comportamento observado não foi identificado pela regra para a respectiva categoria.
- **Incertezas:** Contabilização manual de cada vez que a regra para uma determinada categoria identificava comportamentos classificados como Não Identificados, ou seja, cuja observação em campo não foi precisa a ponto de sabermos se a regra identificou o comportamento corretamente ou não.

Com base nesses números, calculamos as taxas para Verdadeiros (= Verdadeiros / Observações Computadas), Falsos Positivos (= Falsos Positivos / Observações Computadas) e Falsos Negativos (= Falsos Negativos /

Observações Manuais).

Para melhor compreensão dos comportamentos, no entanto, é necessário considerá-los como um espectro de movimento, e não somente uma delimitação facilmente preditiva. Por isso, extraímos novamente os dados do DDMT, sem regras feitas no *Behavior Builder*, para entendermos melhor onde cada comportamento cai na escala do VeDBA. É importante salientar que utilizamos os comportamentos base de descanso (*Resting Sitting*, *Resting Laying*, e *Resting Clinging*) e movimento (*Moving Short Horizontal*, *Moving Short Vertical*, e *Moving Long*), além de dois comportamentos de fácil identificação da última categoria (*Feeding* e *Jumping*).

Primeiramente, usamos a função *Marked Events*, que substitui as *Bookmarks* representantes de cada comportamento, para extrairmos com detalhes suas posições dentro do software, respeitando o tempo registrado. Depois, utilizamos da linguagem de computação estatística R para fazermos histogramas sobre os sVeDBAs e os três eixos de acelerômetro, apresentados nos gráficos 13 ao 28, os quais possuem maior potencial na apresentação de dados em frequências (BEIGUELMAN, 1994). Utilizamos os dados de 10 indivíduos em cativeiro para modelos de histogramas iniciais, assim como comparativos aos comportamentos de campo, dando maior visão sobre as diferenças no dia a dia dos micos. Esses dados foram registrados em 2019, com o acelerômetro programado em 40 Hz, numa escala de milissegundos para o tempo contínuo dos comportamentos. Não houve padrão observacional, porém foram utilizados vídeos curtos de cada indivíduo, posteriormente analisados no VLC Media Player, com a extensão Time v3.2. Então, foram feitas 10 tabelas individuais documentando os comportamentos e seus tempos para cada mico-leão-preto. Fizemos então, histogramas para os dados de campo, os principais alvos desse estudo.

3. RESULTADOS

Durante a coleta de dados em campo, através do método focal contínuo padronizado foram documentados 325 comportamentos, em 49h30min amostradas, pertencentes a 12 categorias; e através do método focal contínuo

não-padronizado foram registrados 206 comportamentos, em 19h01min39seg amostradas, pertencentes a 10 categorias (**Tabela 3**).

Tabela 3. Total de ocorrências dos comportamentos registrados pelo focal contínuo

anotados em papel e registrados em mídia

Comportamento	Número total de ocorrências registradas em mídia	Número total de ocorrências anotadas em papel
<i>Resting Laying</i>	14	28
<i>Resting Sitting</i>	47	67
<i>Resting Clinging</i>	1	10
<i>Moving Long</i>	6	14
<i>Moving Short Horizontally</i>	43	46
<i>Moving Short Vertically</i>	20	37
<i>Jumping</i>	55	71
<i>Feeding</i>	7	16
<i>Scratching</i>	9	11
<i>Marking</i>	-	2
<i>Self-grooming</i>	-	1
<i>Loud call</i>	-	20
Total	202	323

Fonte: Autores, 2022

As quatro regras obtidas a partir de intervalos de limiar foram capazes de classificar corretamente (Valores Verdadeiros) a maioria das Observações Manuais relativas às categorias de Movimento Leve e Moderado (**Tabela 4**). Exceto no $\text{VeDBA} < 0.05$, todas as outras regras possuem mais Falsos Positivos do que registros Verdadeiros.

Tabela 4. Validação comportamental através do VeDBA.

Comportamento	$\text{VeDBA} \leq 0.05$	$0.05 < \text{VeDBA} \leq 0.4$	$0.4 < \text{VeDBA} \leq 0.8$	$\text{VeDBA} > 0.8$
Observações Manuais	95	36	68	74
Observações computadas	165	372	201	192
Verdadeiros	47	35	45	24

Falsos Positivos	26	262	79	90
Falsos Negativos	48	1	23	28
Incertezas	44	74	54	50
Todos os comportamentos acabaram marcados, porém quando as ondas estavam estáticas ou muito intensas, não havia marcação				
Comportament os totais que caíram nos intervalos de VeDBA	RC, RL, RS, FE, ML, MH, MV, SC	RS, MV, MH, MA, SC, RL, FE, JU, ML	MH, JU, SC, ML, RS, MV, FE, LC, RC	

Fonte: Autores, 2022

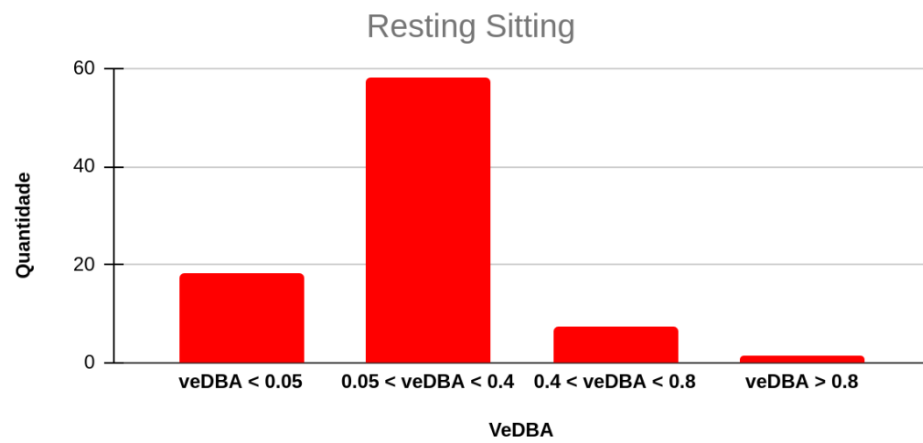
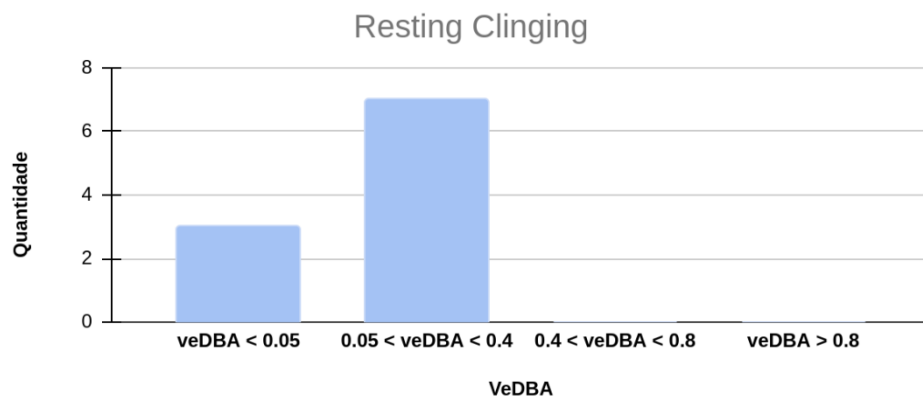
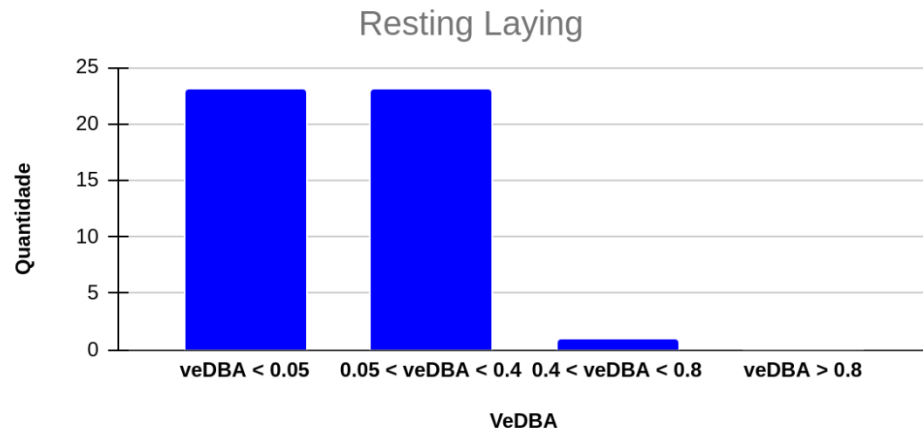
Para melhor visualização, as taxas em porcentagem estão apresentadas abaixo. Como já visto, os falsos positivos compõem a maioria dos resultados nas categorias de VeDBAs > 0.05 , enquanto a maioria dos falsos negativos estão nos comportamentos de VeDBA ≤ 0.05 .

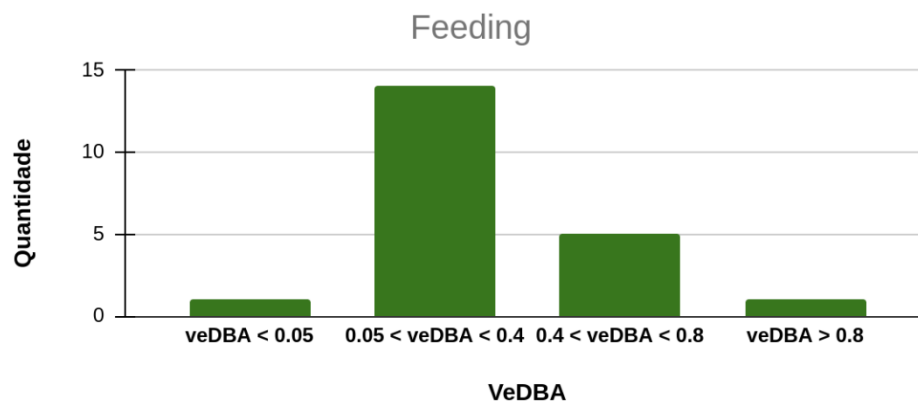
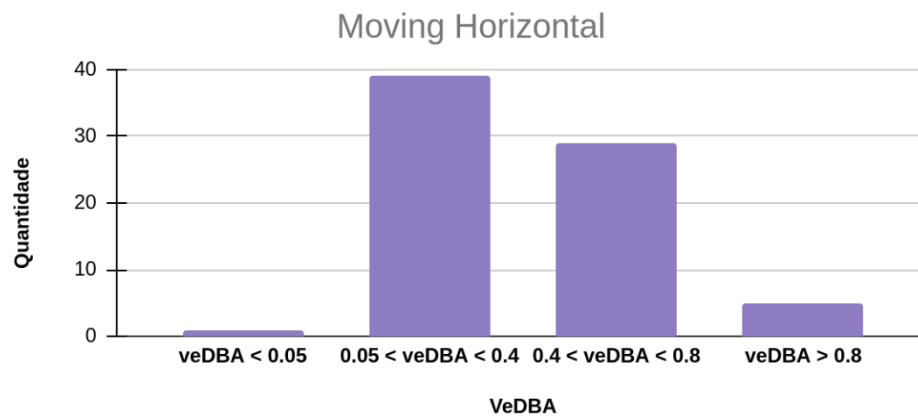
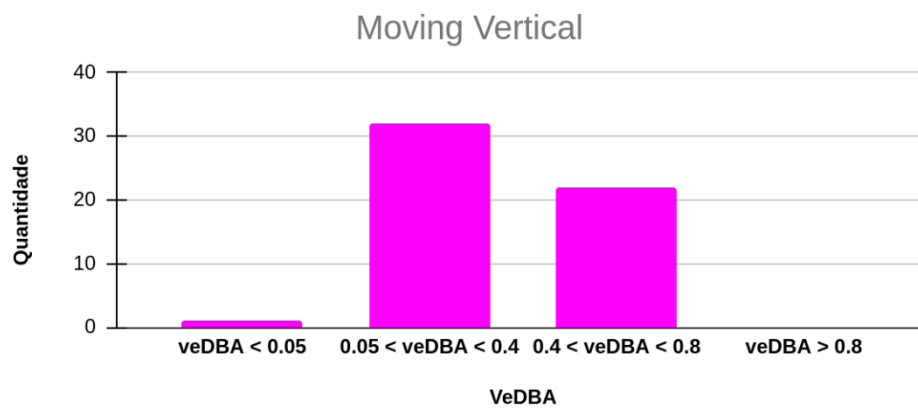
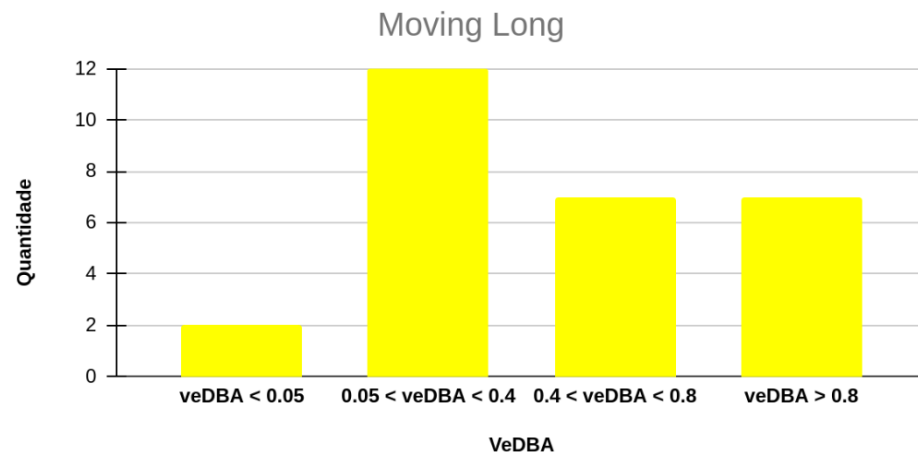
Tabela 5. Taxa das contabilizações comportamentais.

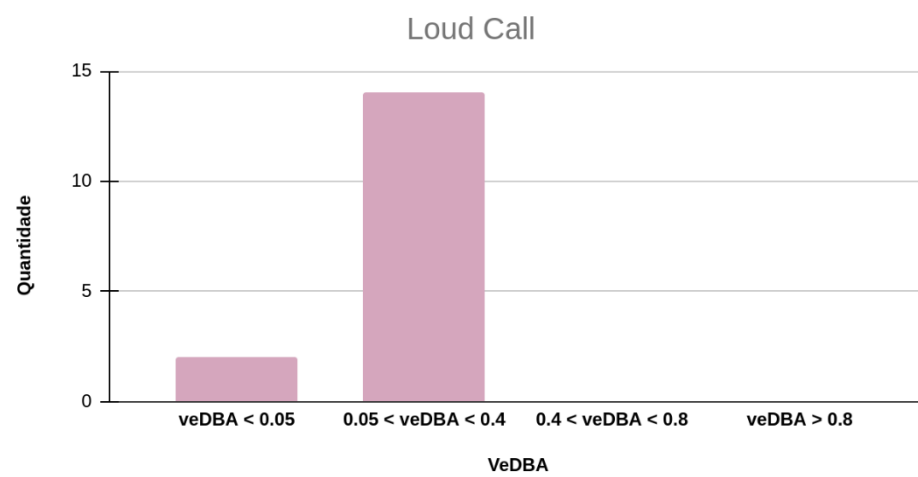
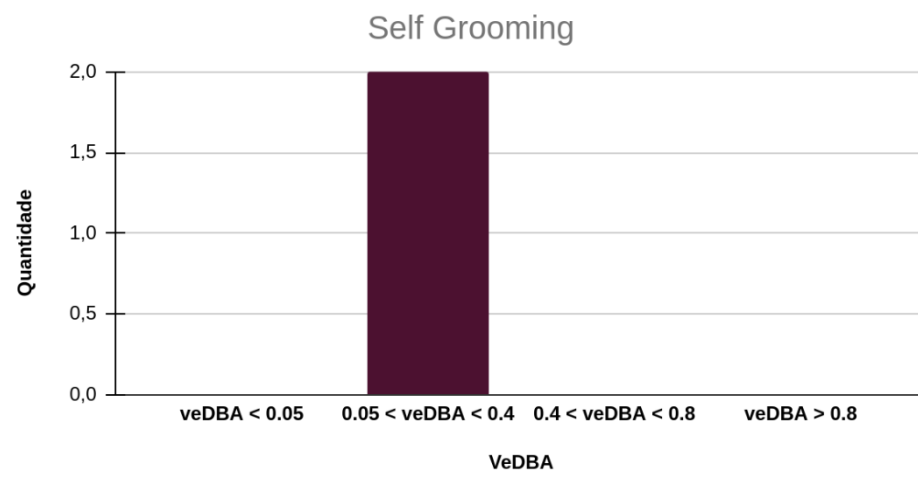
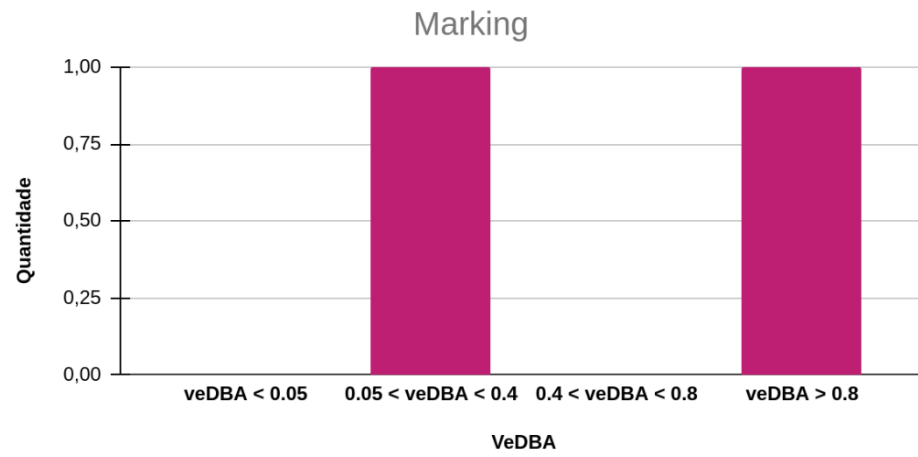
Comportamento	Taxa de Verdadeiros	Taxa de falsos positivos	Taxa de falsos negativos
VeDBA ≤ 0.05	28,48%	15,76%	50,53%
$0.05 < \text{VeDBA} \leq 0.4$	9,41%	70,43%	2,78%
$0.4 < \text{VeDBA} \leq 0.8$	22,39%	39,30%	33,82%
VeDBA > 0.8	12,50%	46,88%	37,84%

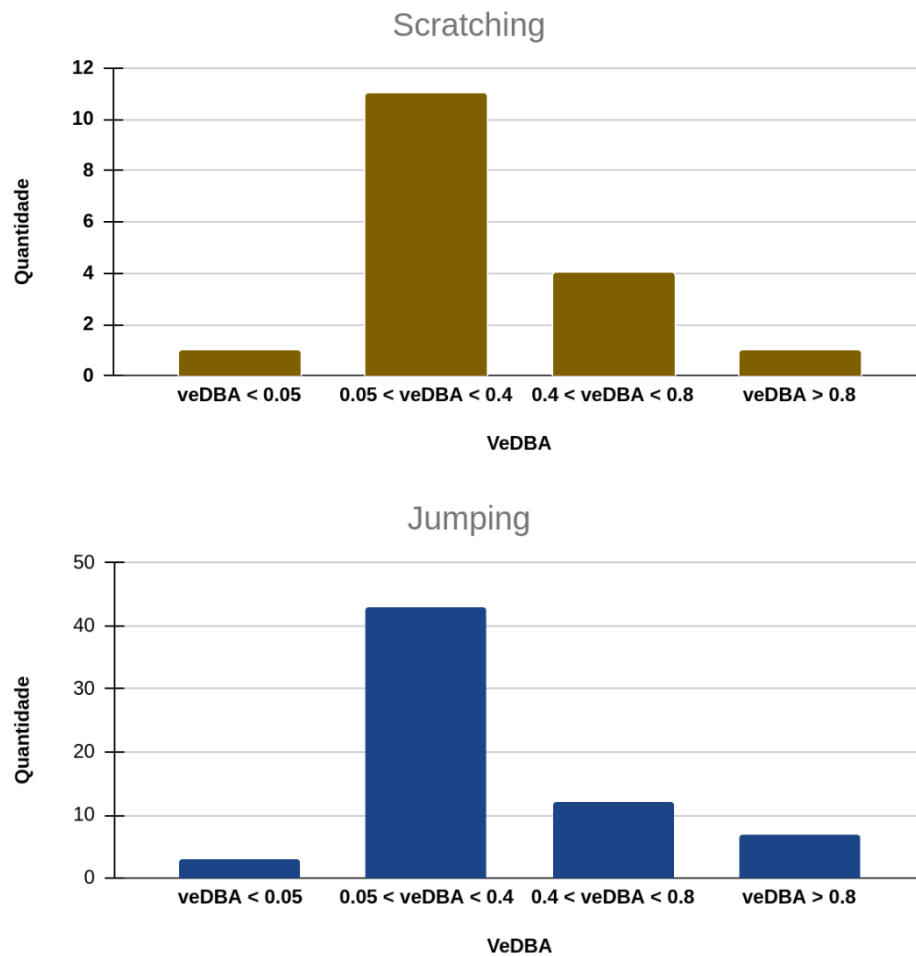
Fonte: Autores, 2022

Consideramos, então, que cada comportamento pode ter intensidades diferentes, como, por exemplo, a alimentação pode ser calma e lenta, assim como pode ser rápida e explosiva. Assim, fizemos gráficos para visualizar melhor a diversidade de sVeDBAs em um único comportamento (**Gráficos 1-12**).

Gráficos 1-12. Diversidade de intensidade comportamental







Fonte: Autores, 2022

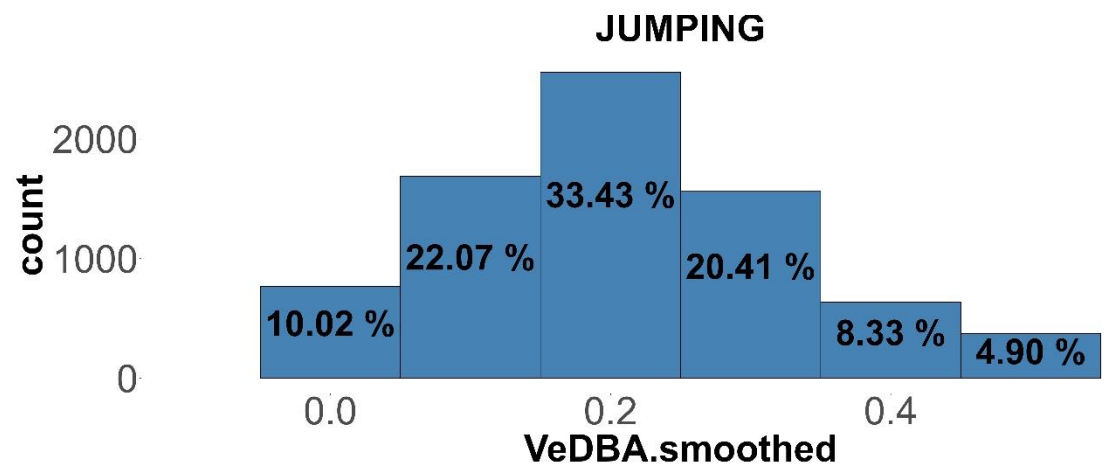
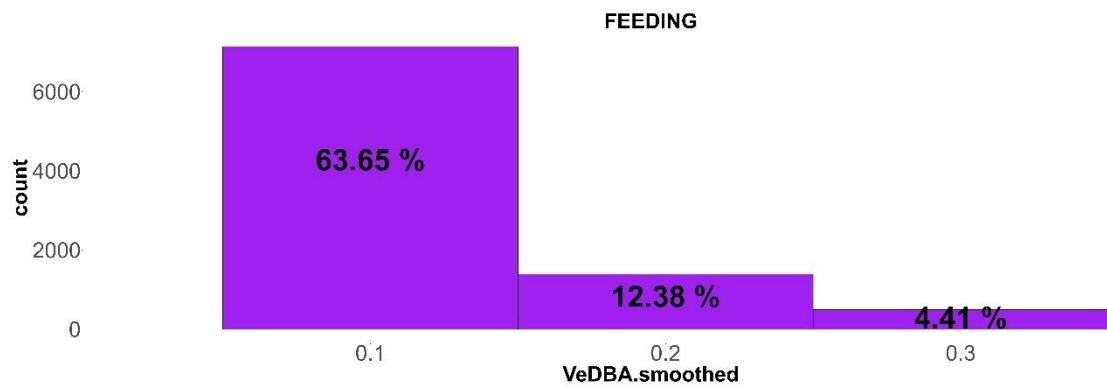
Após a consideração anterior, pensar nos comportamentos como em um espectro ilimitado, como citado mais cedo, nos possibilitou histogramas diversos sobre nossos objetos de estudo.

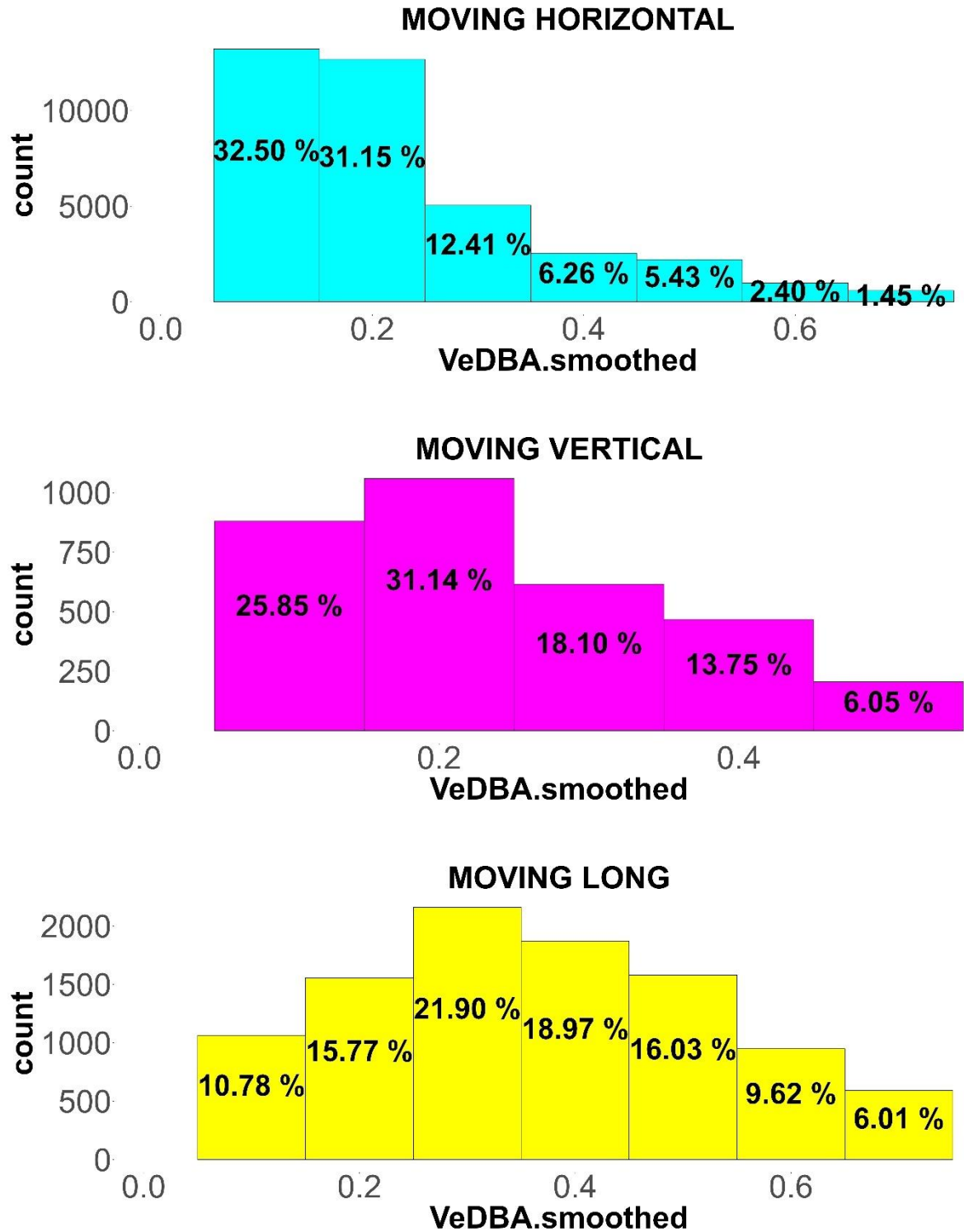
A Tabela 5 mostra que para descanso, 50,53% das vezes, os comportamentos não foram identificados pela regra de VeDBA, e apenas 28,48% foram detectados como verdadeiros. Já para movimentos leves, 70,43% dos registros foram de comportamentos não considerados inicialmente pela regra, sendo que apenas 9,41% indicam verdadeiros à regra. No entanto, nos comportamentos de movimentos moderados, a taxa de verdadeiros se balanceia melhor com as de falsos positivos e falsos negativos, mesmo que ainda seja mais baixa, apresentando apenas 22,39% dos registros. Se tratando dos movimentos intensos, os falsos positivos retomam a maioria, com 46,88% dos registros não correspondendo à regra estabelecida, em contrapartida aos 12,50% dos registros verdadeiros.

3.1 Histogramas

3.1.1 *Cativeiro*

Gráficos 13 – 17. sVeDBAs de movimentos em cativeiro.





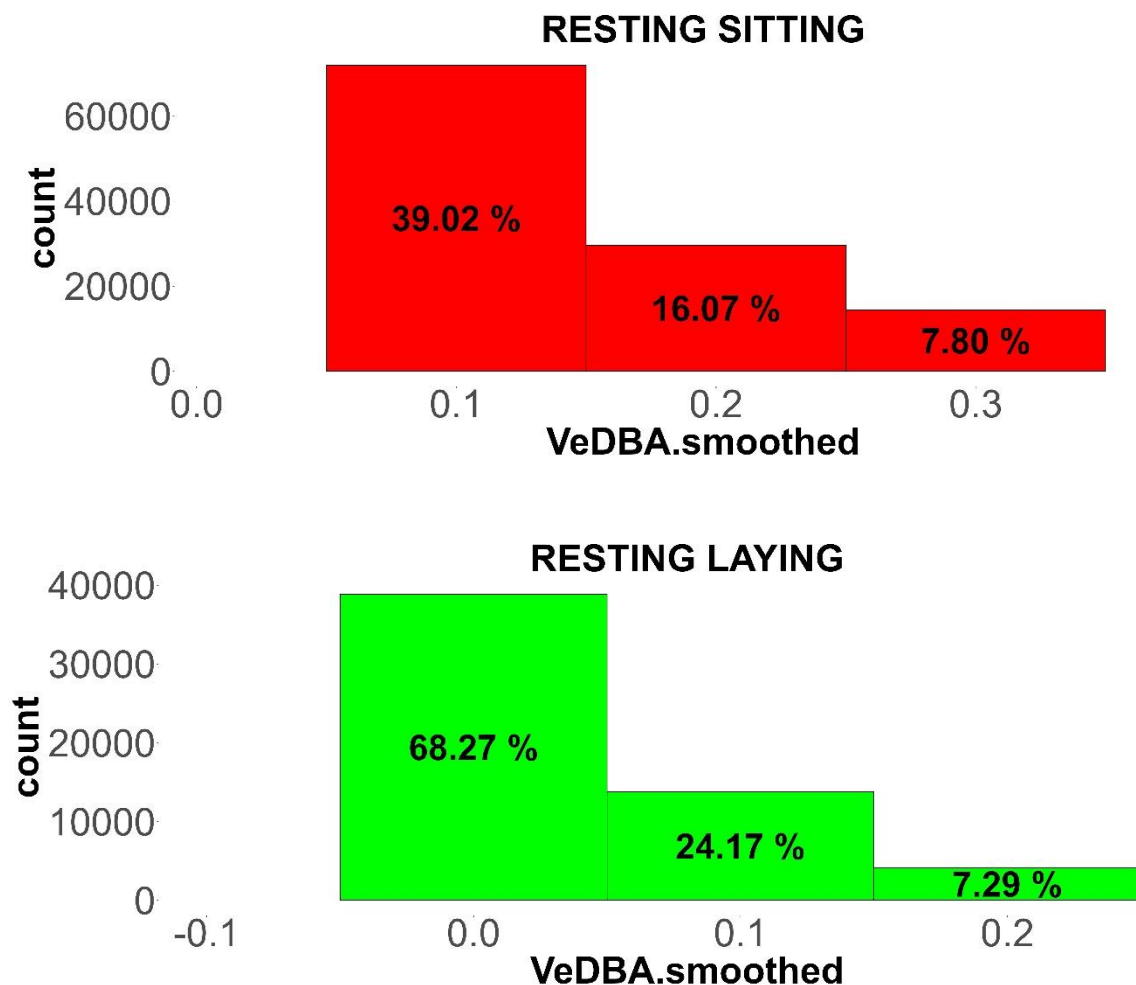
Fonte: Autores, 2023

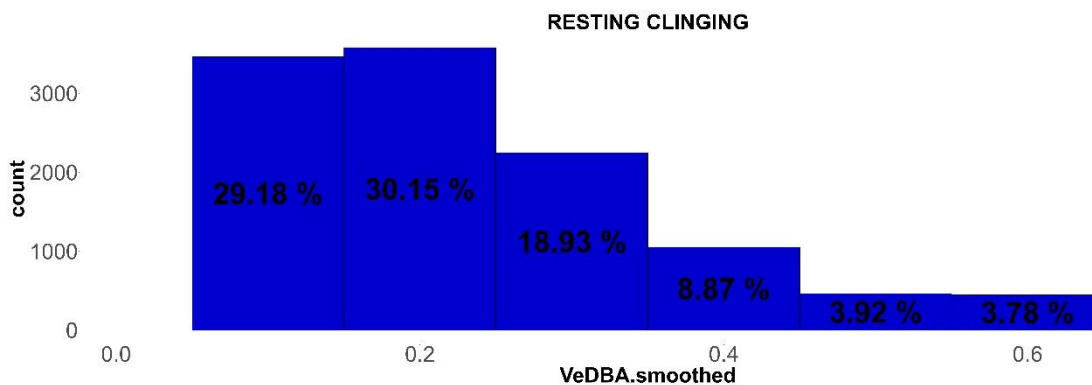
Em movimentos geralmente mais intensos, como o *Moving Long* e *Jumping*, as frequências de VeDBA são mais próximas da distribuição normal que os outros comportamentos, os quais apresentam frequências assimétricas para a direita. Os

picos de todos, no entanto, ficam entre 0 e 0.4, confirmando que nos casos de movimentos intensos, nosso limiar de observação proposto está errado. Devemos destacar, no entanto, que esses são dados de dez indivíduos em cativeiro, o que conta como grande diferencial para nossas hipóteses, pensadas principalmente nos casos de campo. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $0 < \text{VeDBA} < 0.15$
- Jumping: $0.15 < \text{VeDBA} < 0.25$
- Moving Horizontal: $0 < \text{VeDBA} < 0.25$
- Moving Vertical: $0 < \text{VeDBA} < 0.25$
- Moving Long: $0.2 < \text{VeDBA} < 0.4$

Gráficos 18 – 20. VeDBAs de descanso em cativeiro



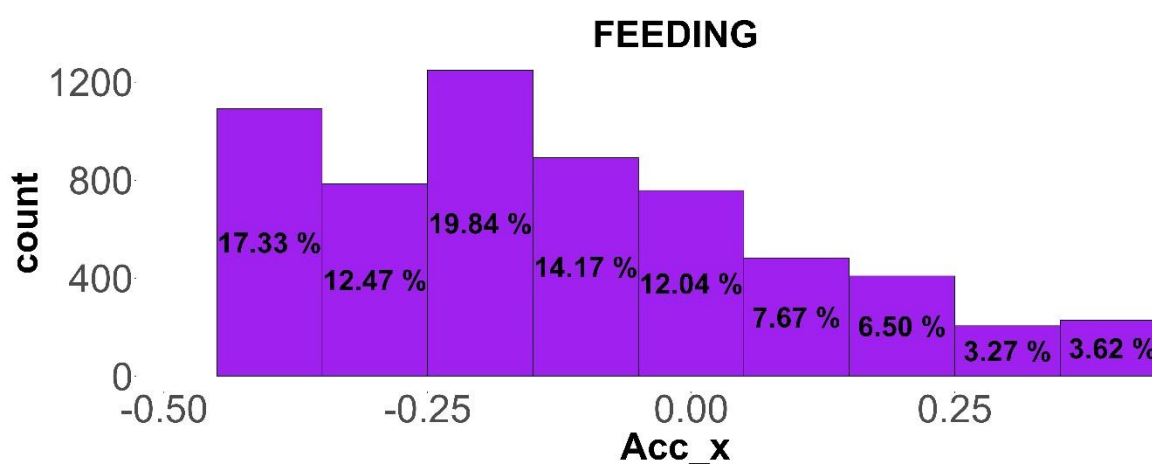


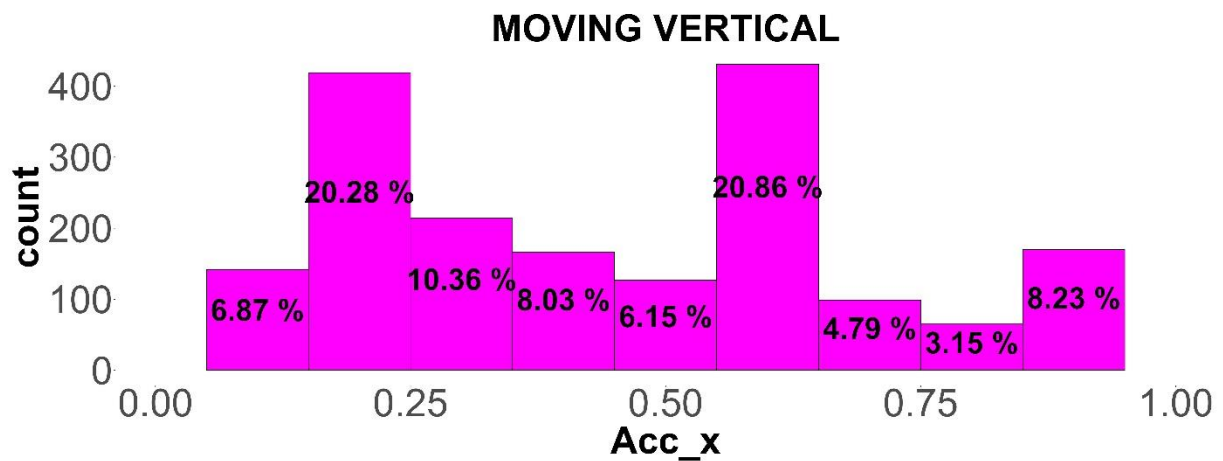
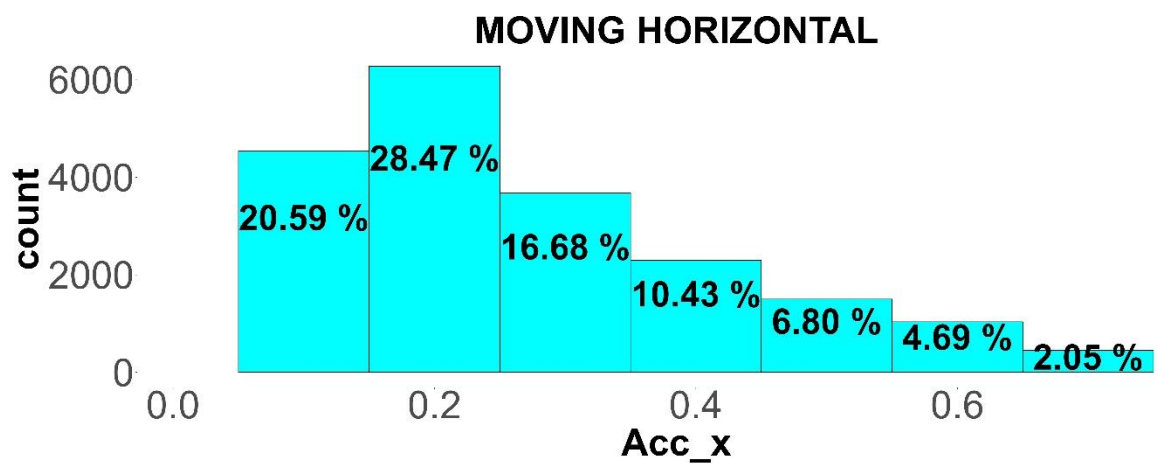
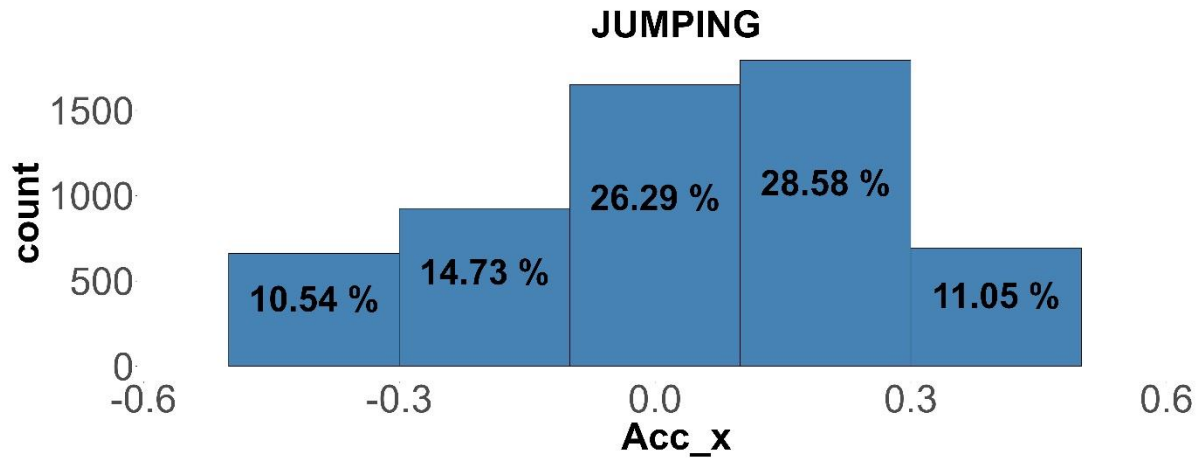
Fonte: Autores, 2023

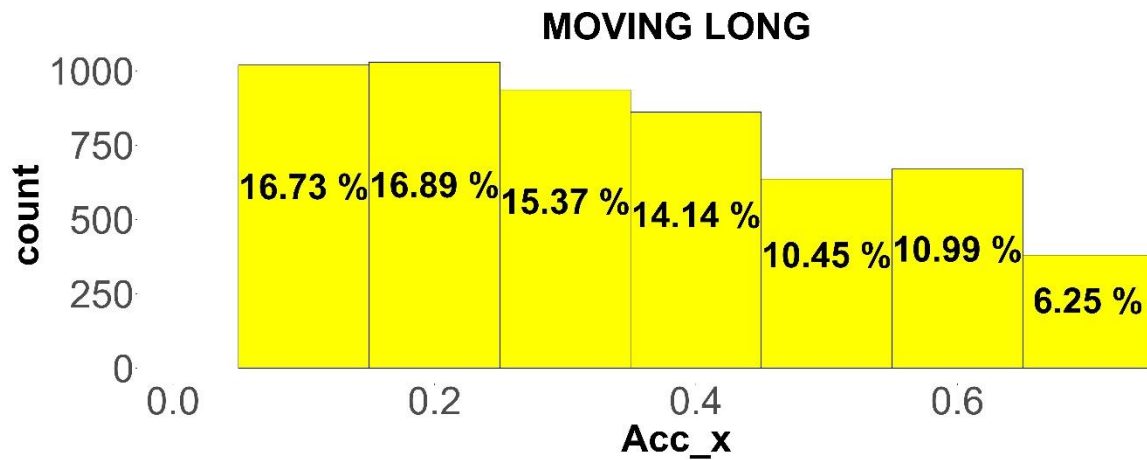
Novamente, os gráficos assimétricos para a direita. Mesmo os indivíduos estando em cativeiro, os dados de *Resting Sitting* e *Resting Laying* mostram uma certa agitação, descartando a hipótese de que a maioria se encontra igual a ou abaixo de 0.05. Não é totalmente um erro, pois percebe-se que todos os gráficos possuem ao menos uma parte dentro desse limite. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $0 < \text{VeDBA} < 0.15$
- Resting Laying: $-0.01 < \text{VeDBA} < 0.5$
- Resting Clinging: $0 < \text{VeDBA} < 0.25$

Gráficos 21 – 25. Acelerações do eixo X de movimento em cativeiro







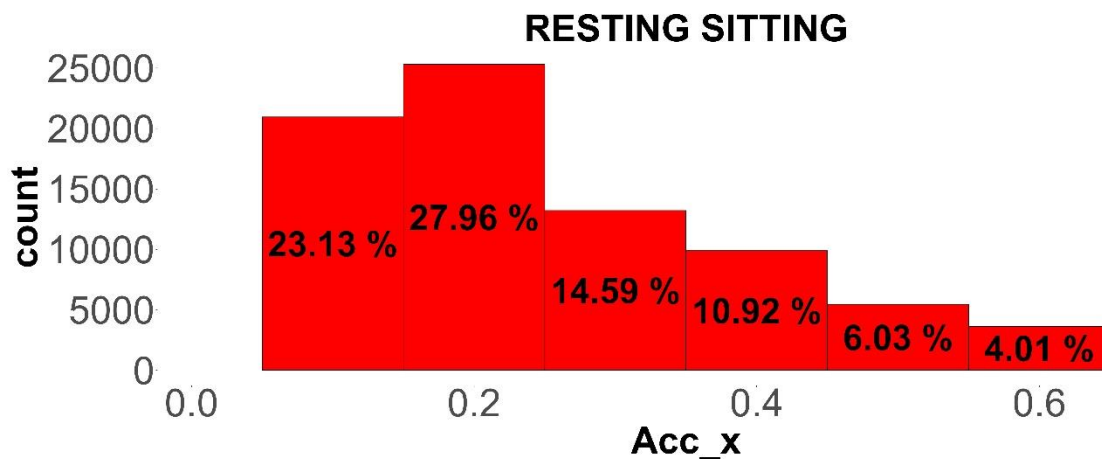
Fonte: Autores, 2023

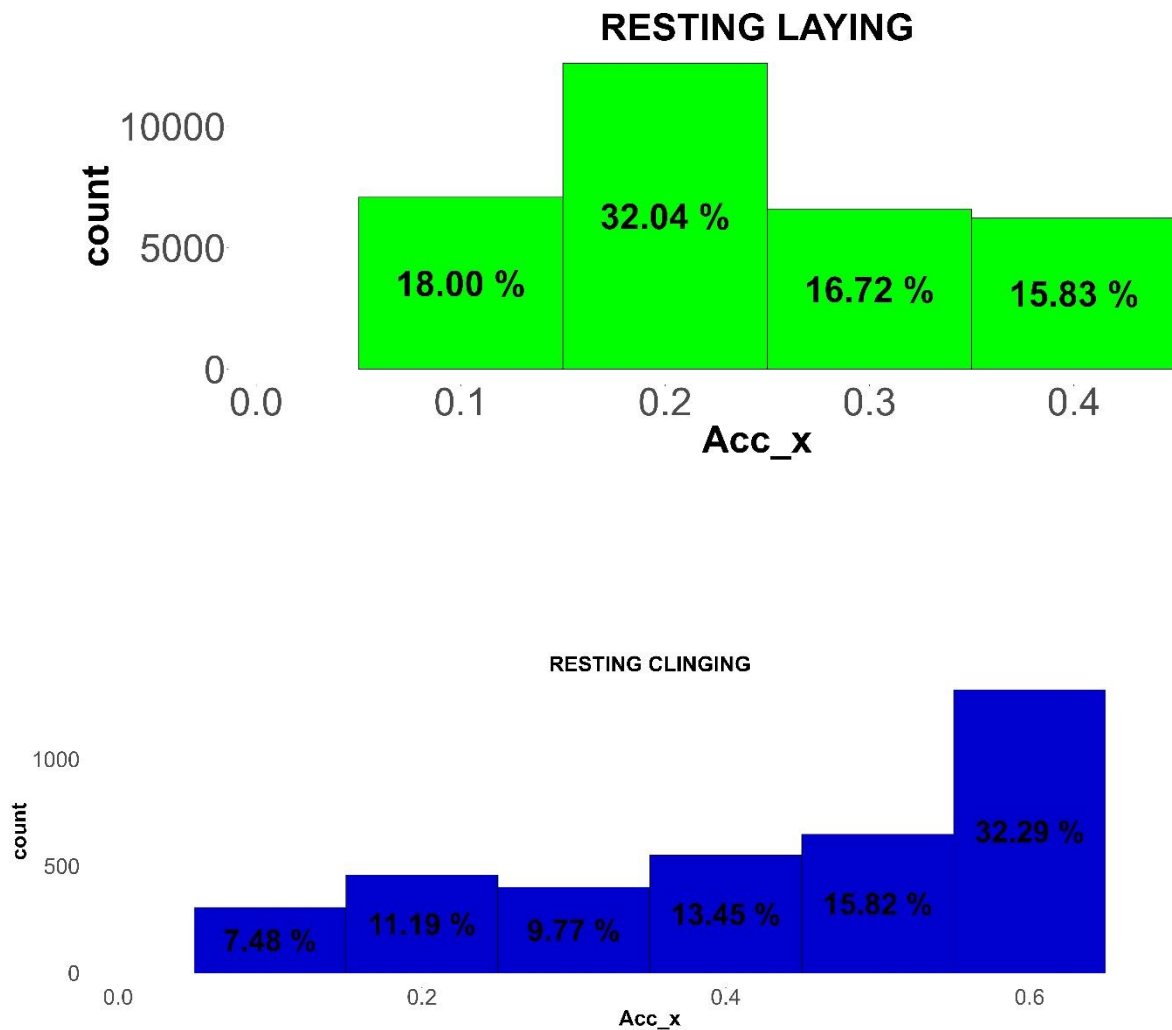
Os comportamentos pelo eixo X não apresentam normalidade dos dados, sendo Moving Vertical e Feeding bimodais, e o Moving Long em quase um perfeito platô. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $-0.5 < \text{AccX} < 0$
- Jumping: $-0.1 < \text{AccX} < 0.3$
- Moving Horizontal: $0 < \text{AccX} < 0.25$
- Moving Vertical: $0 < \text{AccX} < 0.6$
- Moving Long: $0 < \text{AccX} < 0.4$

Nesse bloco de comportamentos, o eixo X não parece ser um auxiliar, tendo uma distribuição esparsa, e não limitando os intervalos para uma regra fina.

Gráficos 26 – 28. Acelerações do eixo X de descanso em cativeiro





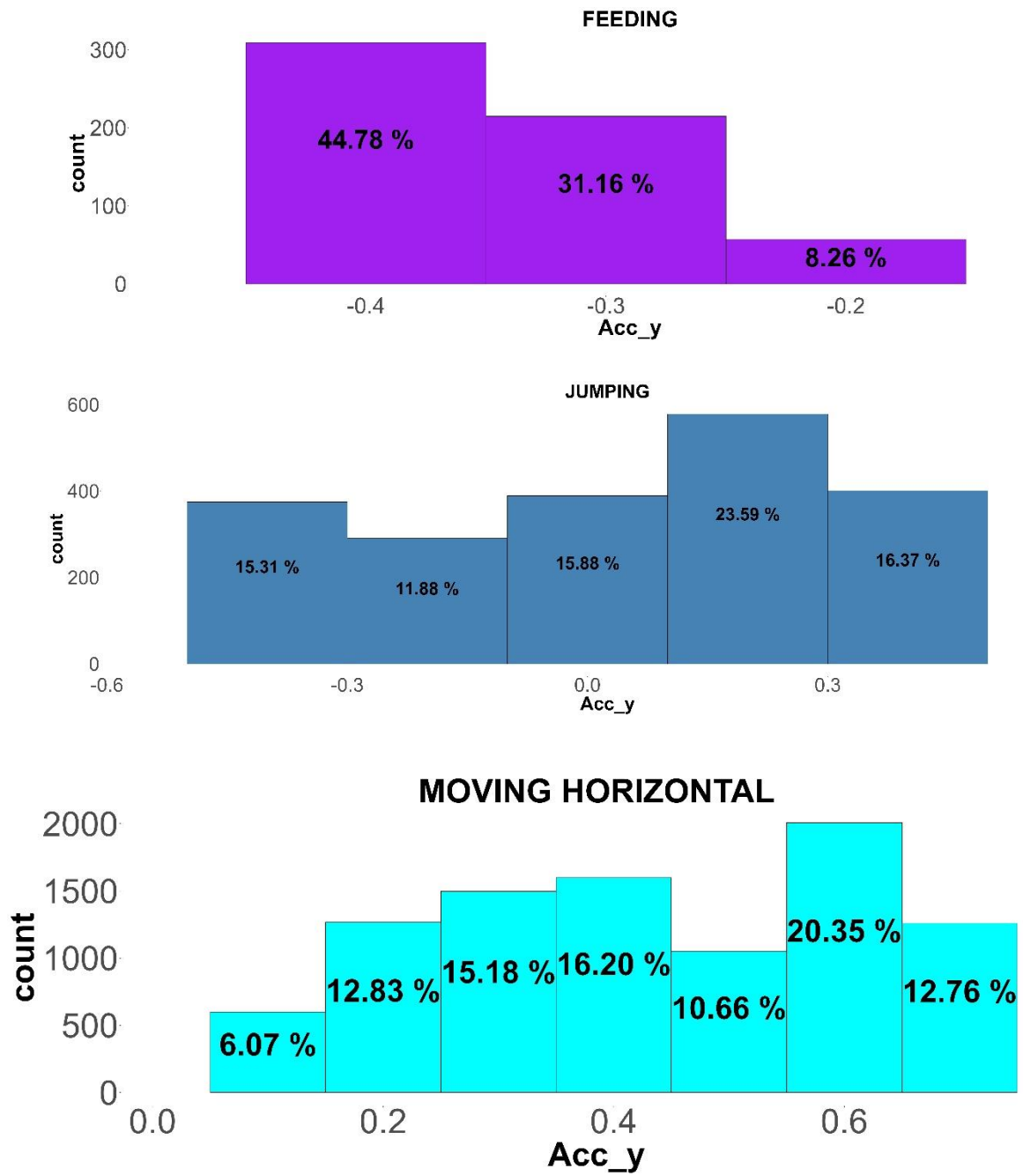
Fonte: Autores, 2023

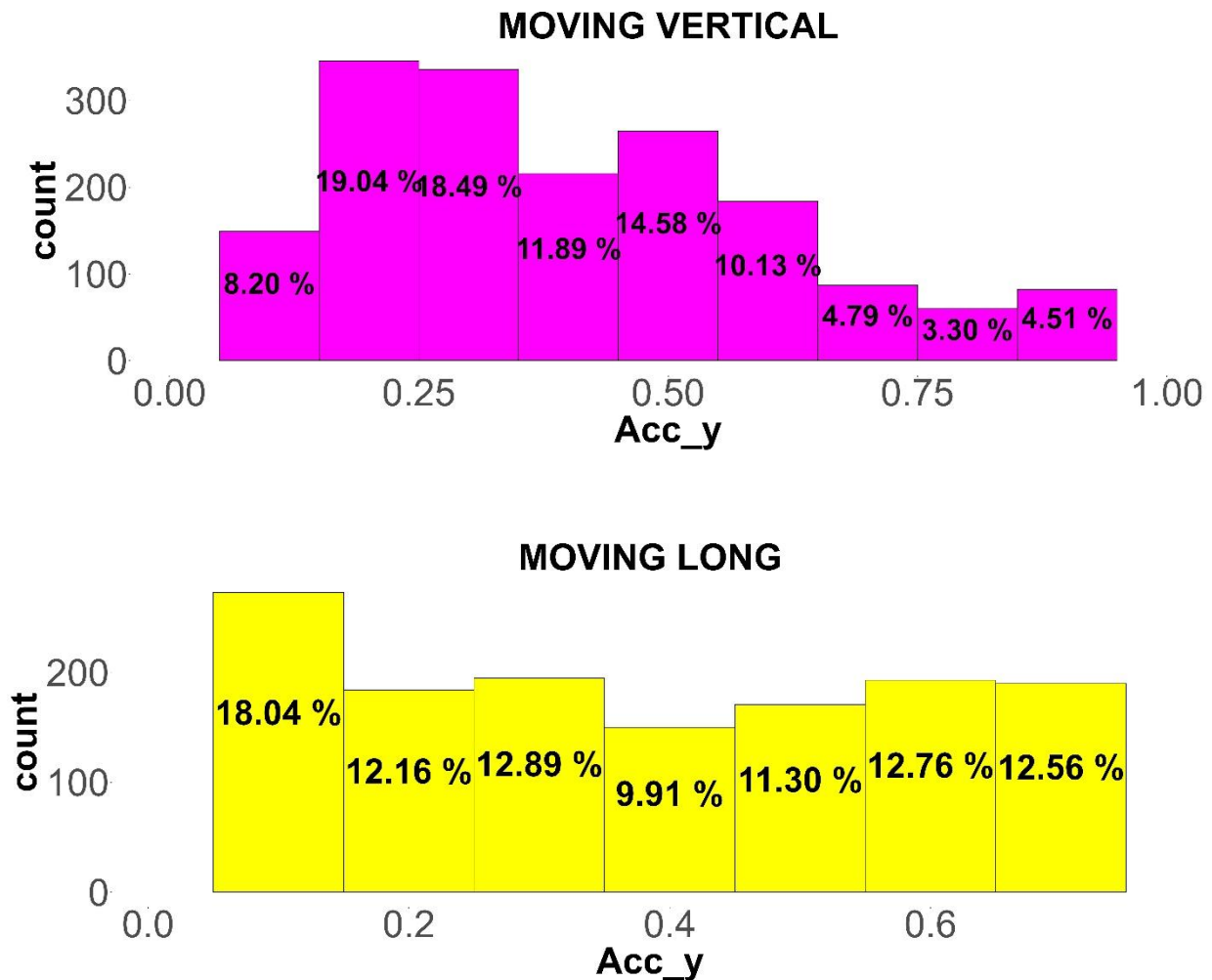
É possível ver que o Resting Clinging tem maior aceleração no eixo X que os outros, provavelmente remetendo ao balanço quando se penduram. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $0 < \text{AccX} < 0.25$
- Resting Laying: $0.1 < \text{AccX} < 0.25$
- Resting Clinging: $0.5 < \text{AccX} < 0.65$

Nesse bloco de comportamentos, o eixo X pode ser relevante numa regra usada ao Resting Clinging.

Gráficos 29 – 33. Acelerações do eixo Y de movimento em cativeiro





Fonte: Autores, 2023

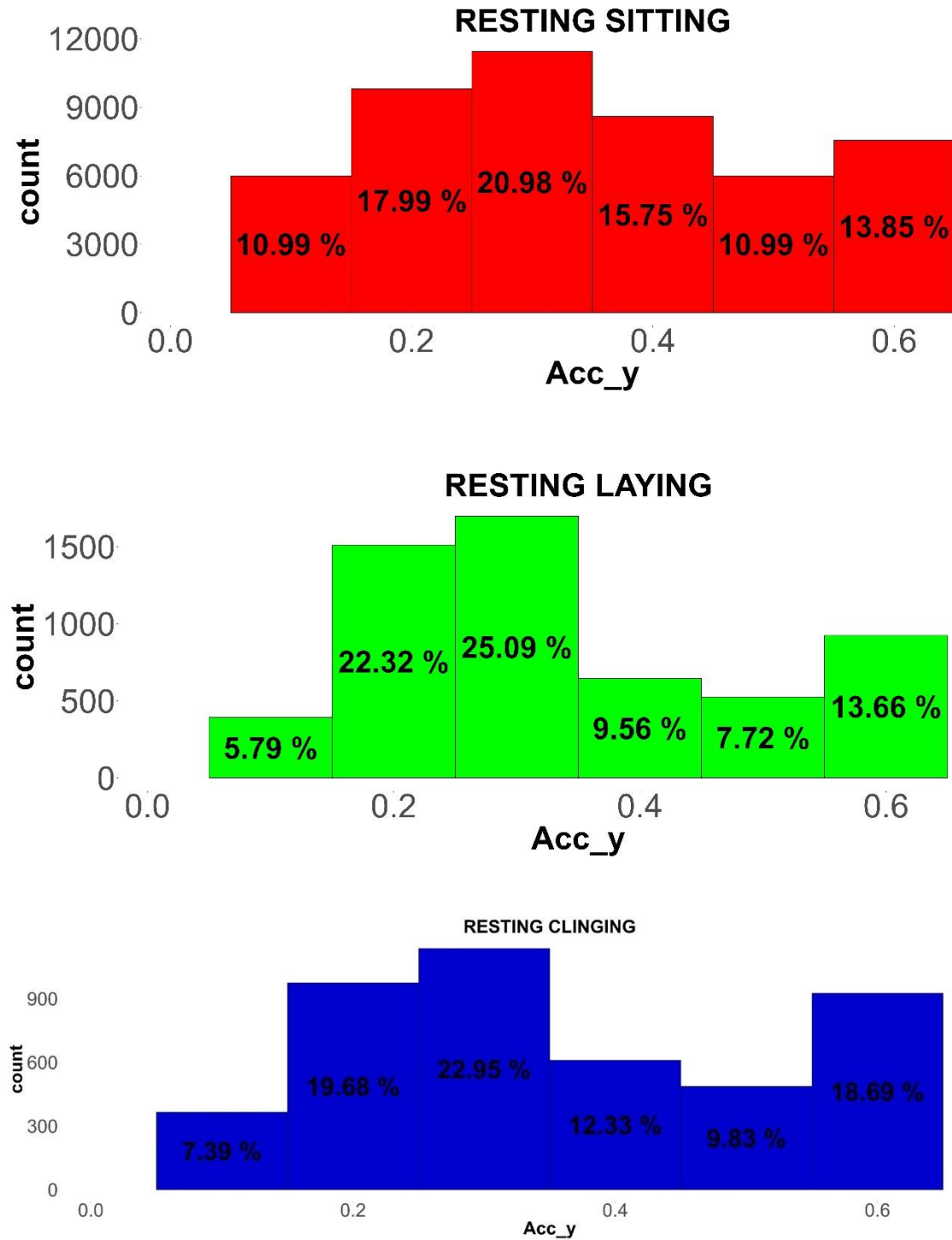
O Feeding se encontra em intervalo negativo, mostrando uma cauda à direita, descartando a normalidade dos dados. Já o Jumping se mostra bimodal, com o maior pico entre 0 e 3. É notável que a movimentação vertical apresenta picos menores que 0.3, podendo mostrar que, em cativeiro, o movimento de descida é mais frequente. O que se destaca, no entanto, é que o Movimento Horizontal em si, tenha pico entre 0.5 e 0.8, indicando que, talvez, o terreno em cativeiro fosse irregular. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $-0.5 < \text{AccY} < -0.3$
- Jumping: $-0.1 < \text{AccY} < 0.3$
- Moving Horizontal: $0.4 < \text{AccY} < 0.6$
- Moving Vertical: $0.2 < \text{AccY} < 0.5$
- Moving Long: $0 < \text{AccY} < 0.65$

O Y pode auxiliar um pouco melhor no Moving Vertical, já que nesse contexto, o eixo

está com valores esparsos.

Gráficos 34 – 36. Acelerações do eixo Y de descanso em cativeiro



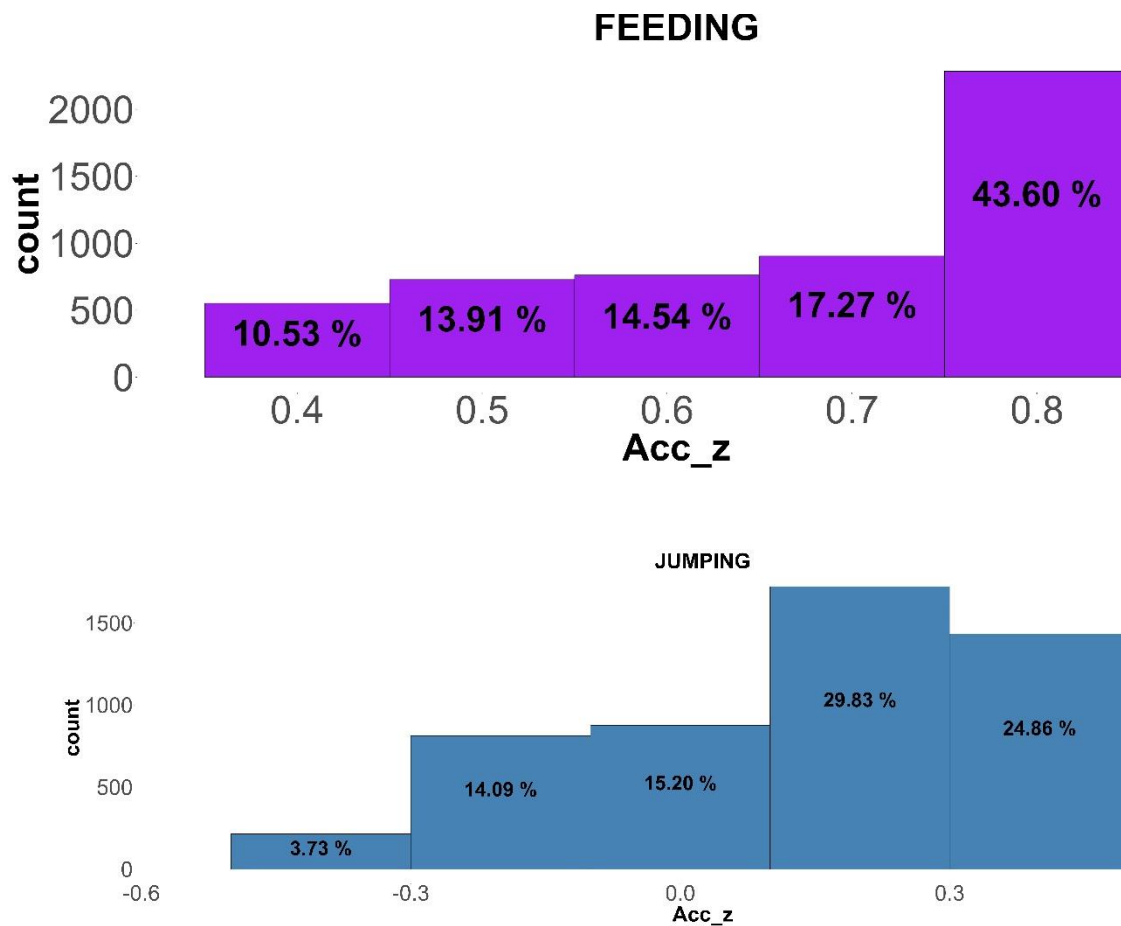
Fonte: Autores, 2023

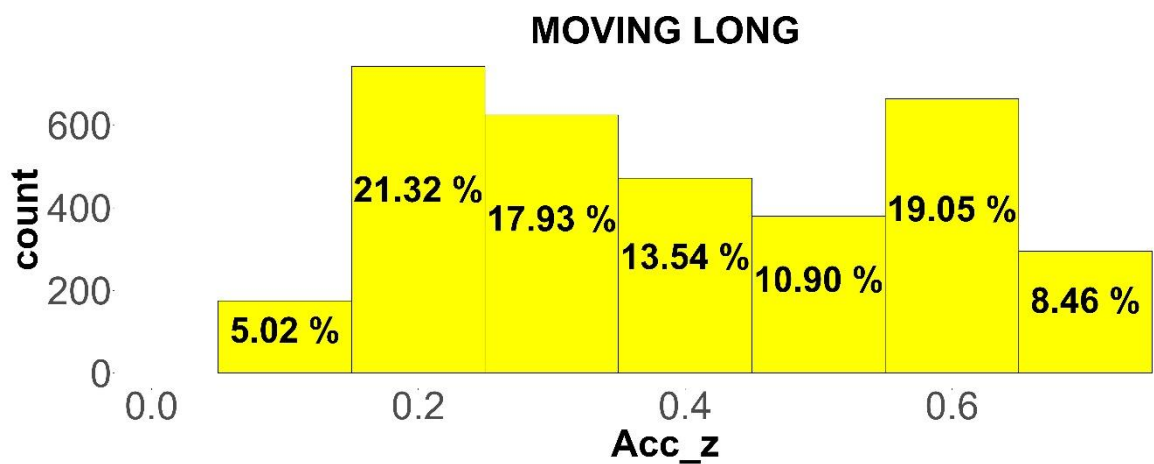
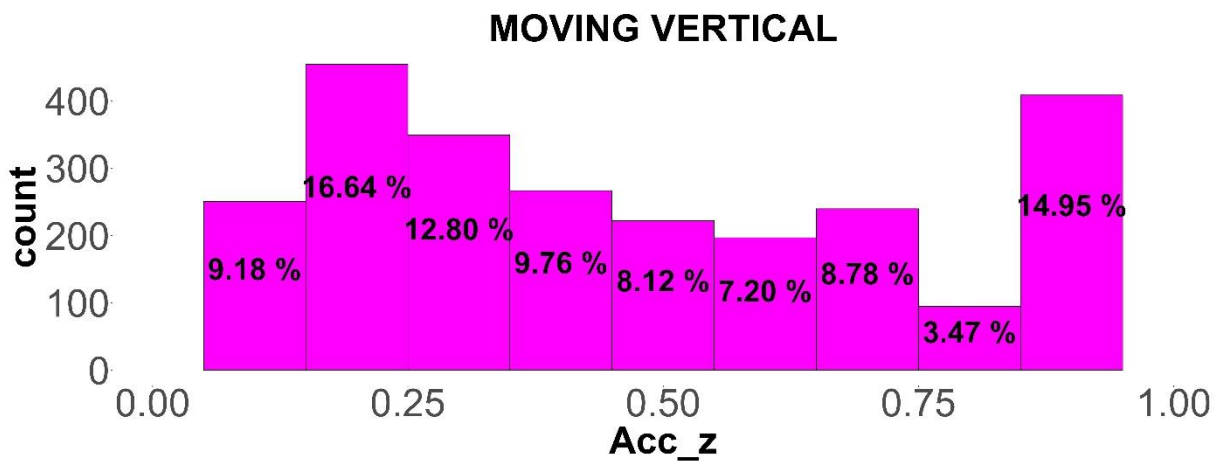
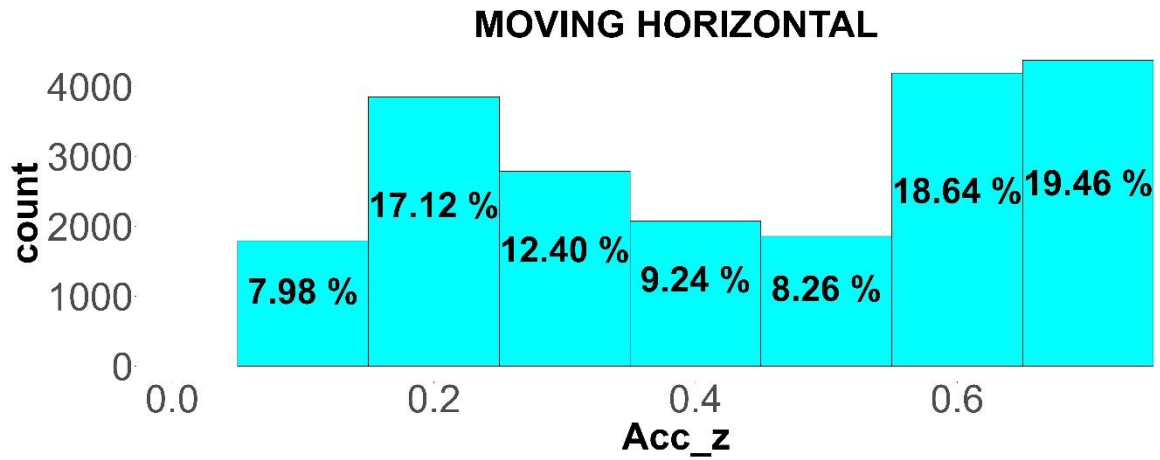
Os valores relativamente altos nos comportamentos de descanso, entre 0.2 e 0.4, podem ser uma boa prova sobre a irregularidade do terreno. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $0.15 < \text{AccY} < 0.5$
- Resting Laying: $0.15 < \text{AccY} < 0.35$
- Resting Clinging: $0.15 < \text{AccY} < 0.4$

Nesse conjunto, o eixo Y parece ser um bom aliado para refinar as regras.

Gráficos 37 – 40. Acelerações do eixo Z de movimento em cativeiro





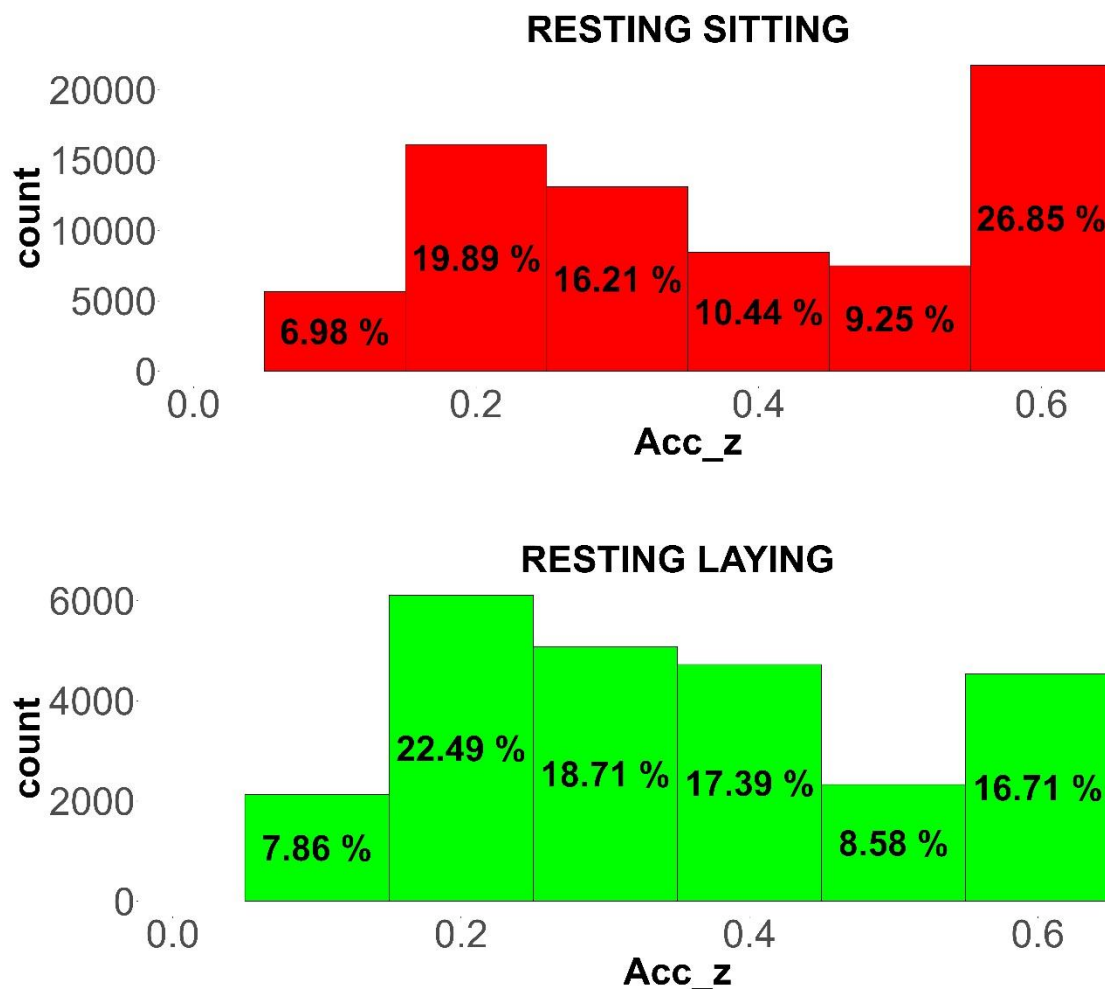
Fonte: Autores, 2023

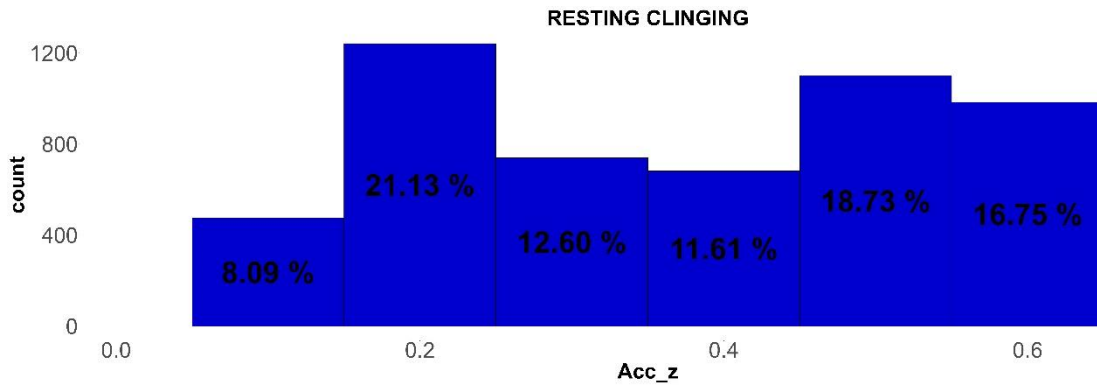
O comportamento de pulo e de alimentação, Jumping e Feeding, possuem assimetria para a esquerda, enquanto os outros movimentos apresentam mais de um pico. Em movimentos horizontais, o eixo Z está virado para cima, justificando os valores maiores que 0.6 nos outros movimentos. No vertical, no entanto, há dois picos em extremos diferentes. Possivelmente, o eixo Z não seja tão relevante nesses comportamentos para a distinção entre eles. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $0.75 < \text{AccZ} < 0.85$
- Jumping: $0 < \text{AccZ} < 0.3$
- Moving Vertical: $0 < \text{AccZ} < 1$
- Moving Horizontal: $0.5 < \text{AccZ} < 0.8$
- Moving Long: $0 < \text{Accz} < 0.6$

Nesse contexto, o Z é um bom aliado ao Feeding e ao Jumping, ao contrário dos outros comportamentos, os quais apresentam uma distribuição de valores similar.

Gráficos 41 – 43. Acelerações do eixo Z de descanso em cativeiro





Fonte: Autores, 2023

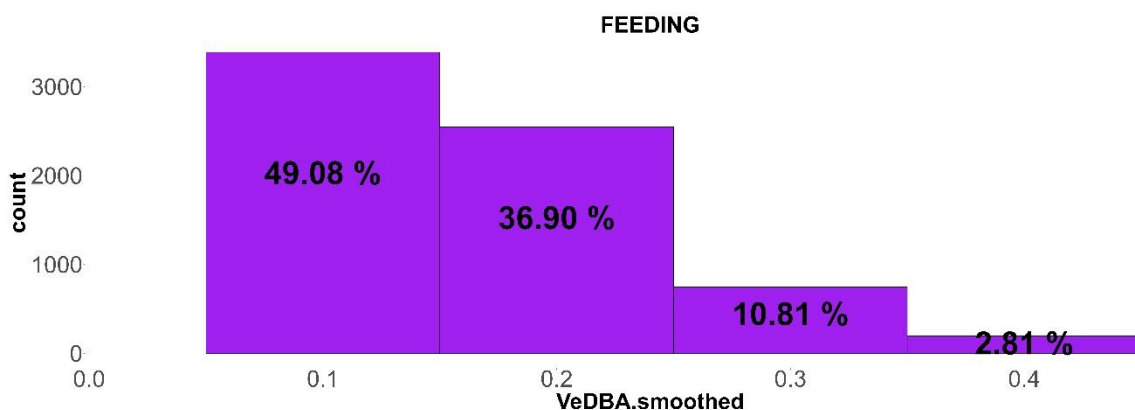
Por se tratar de descanso horizontal, o Resting Sitting mostra um eixo Z alto, que, de fato, está virado para cima. É curioso, no entanto, que o Resting Laying tenha maior frequência em um AccZ tão baixo, sendo que tal parâmetro faz mais sentido no Resting Clinging, que, pela posição, deixa o eixo em posição horizontal, praticamente o zerado. É um caso inesperado, que mostra a necessidade de melhor investigação. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

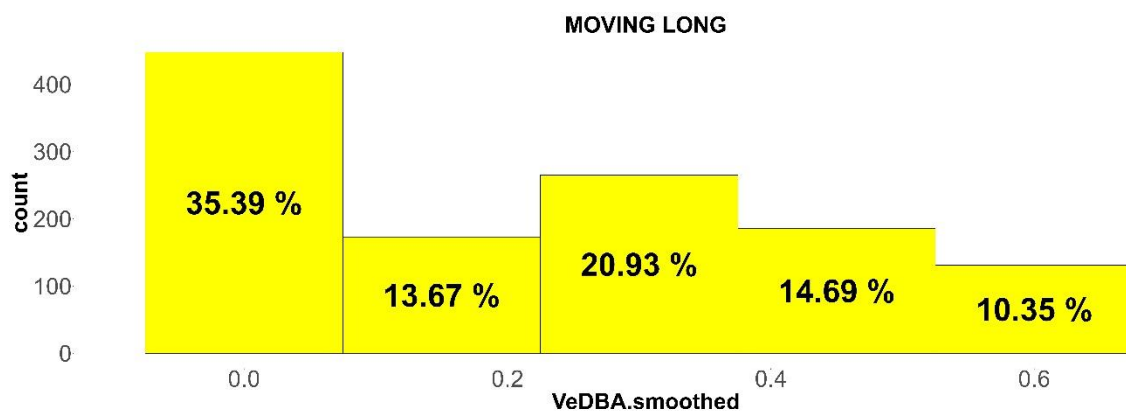
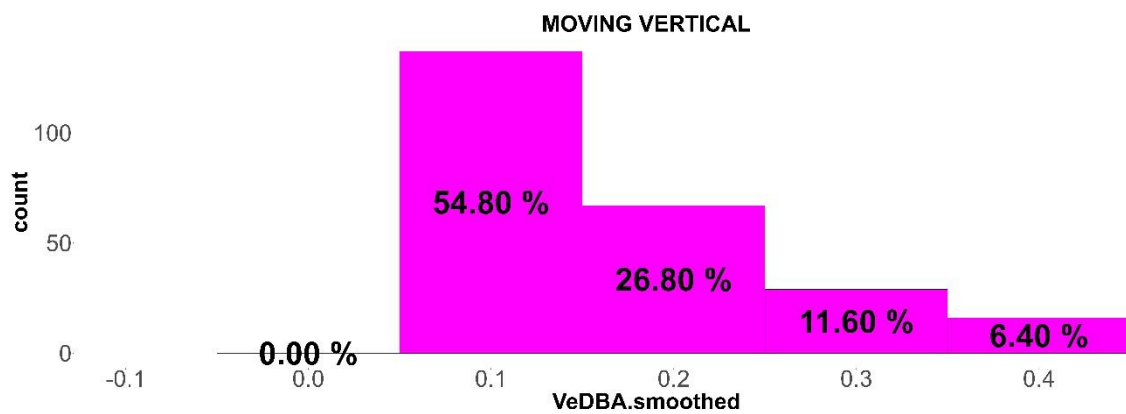
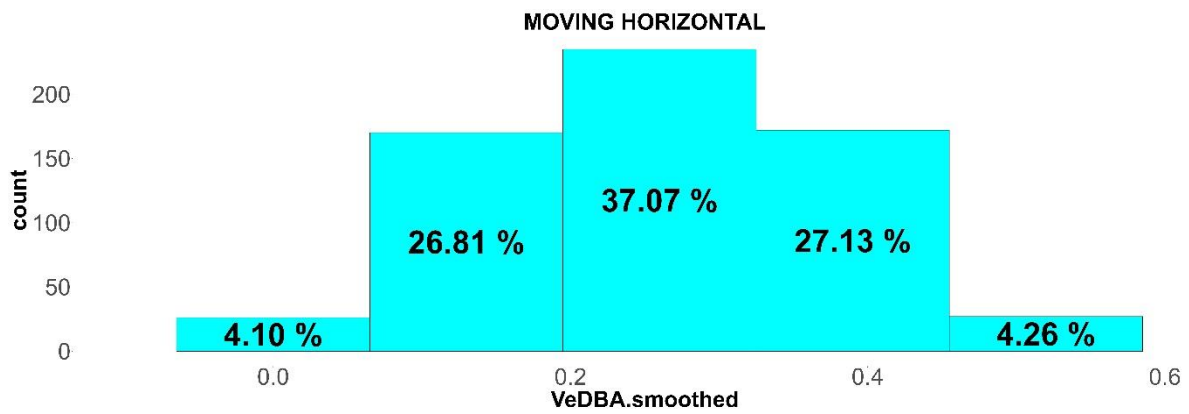
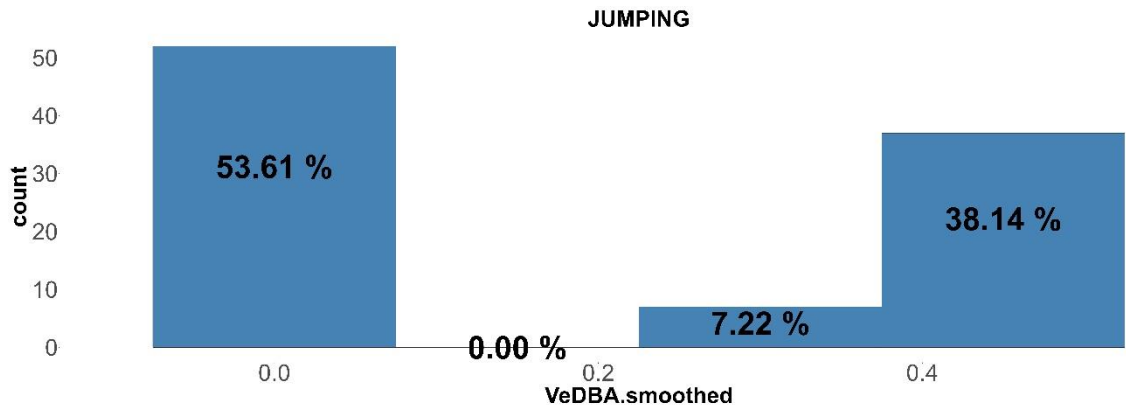
- Resting Sitting: $0.5 < \text{AccZ} < 0.6$
- Resting Laying: $0.15 < \text{AccZ} < 0.4$
- Resting Clinging: $0.15 < \text{AccZ} < 0.5$

Para a formação de regras, o eixo Z nesse bloco não parece ser um bom parâmetro.

3.1.2 Campo

Gráficos 44 – 48. sVeDBAs de movimento em campo



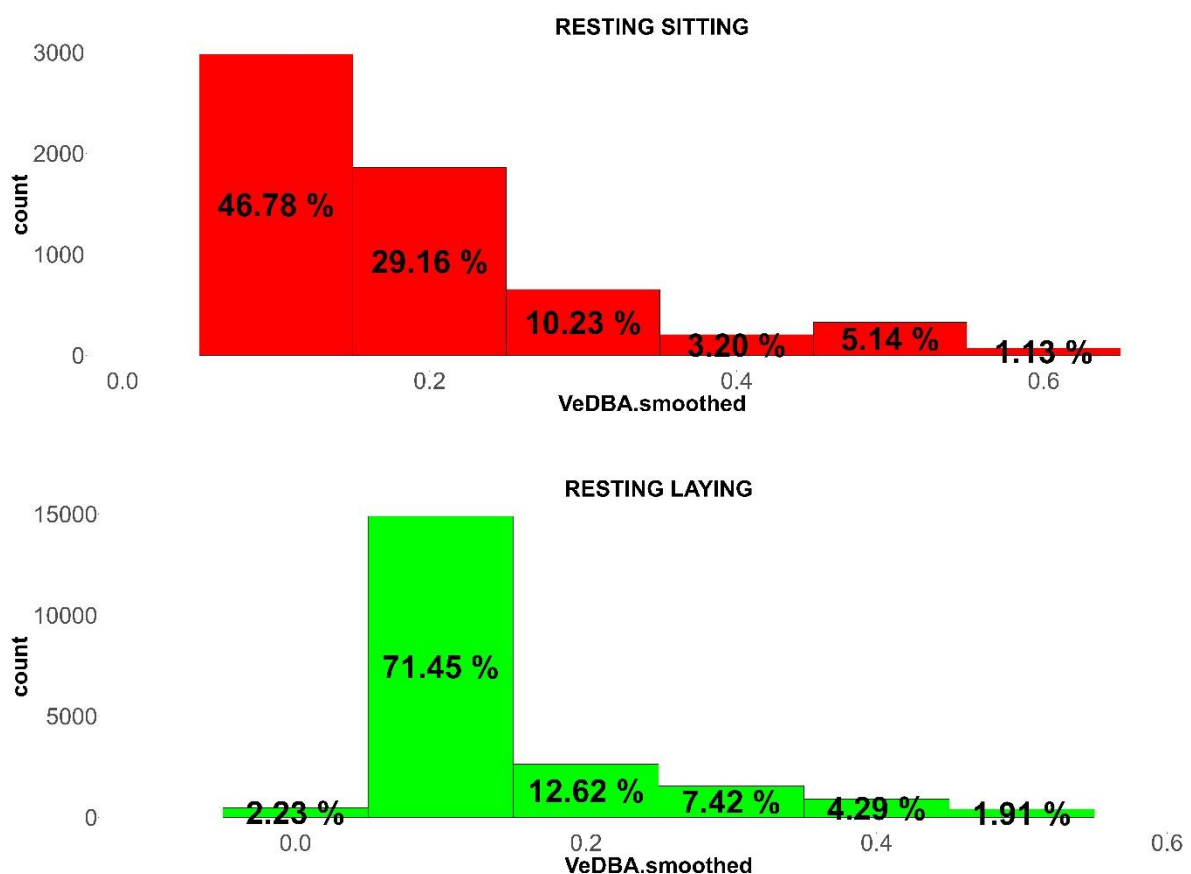


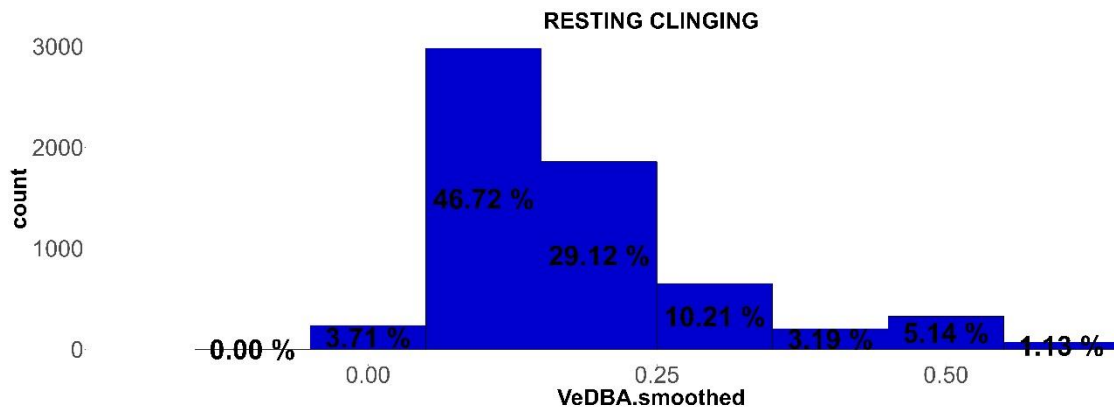
Fonte: Autores, 2023

Nesses dados, a distribuição normal já não se faz presente. As hipóteses anteriores para os movimentos mais intensos ainda são desfavorecidas aqui, mesmo o indivíduo estando livre em seu habitat. As de movimentos moderados ainda se sustentam mais perto do que foi sugerido. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $0.1 < \text{VeDBA} < 0.25$
- Jumping: $-0.1 < \text{VeDBA} < 0.15$
- Moving Vertical: $0.2 < \text{VeDBA} < 0.4$
- Moving Horizontal: $0.1 < \text{VeDBA} < 0.2$
- Moving Long: $-0.1 < \text{VeDBA} < 0.15$

Gráficos 49 – 61. sVeDBAs de descanso em campo



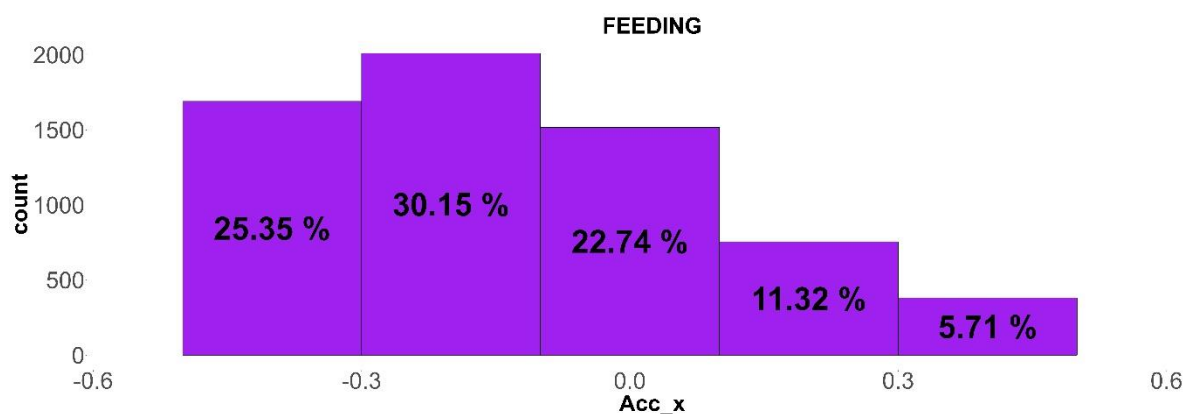


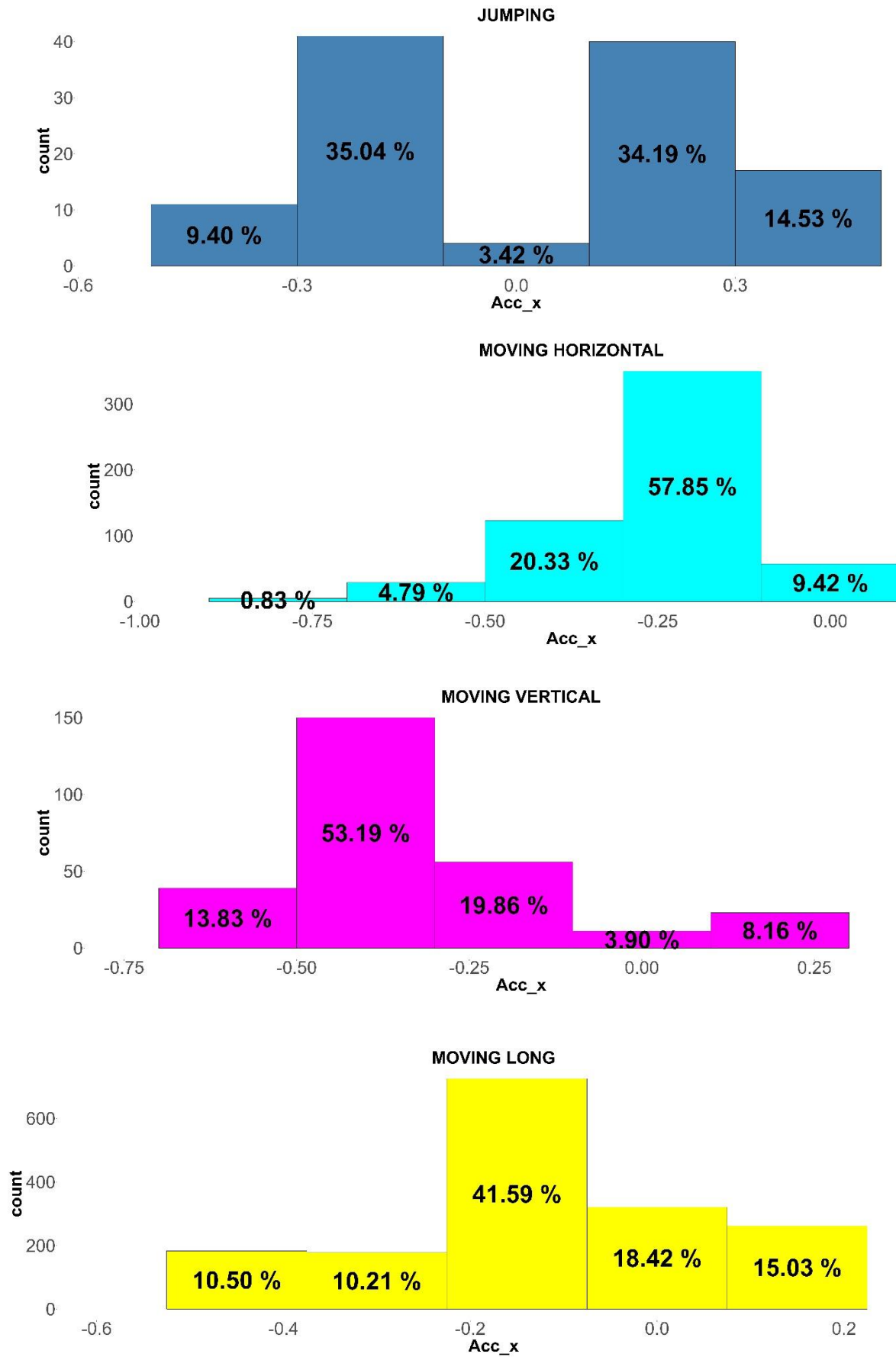
Fonte: Autores, 2023

Aqui podemos ver que não há normalidade na distribuição de dados novamente. Em *Resting Sitting*, o limite mínimo de VeDBA é menor que em cativeiro, porém bem mais concentrado em um intervalo, com somente um pico no gráfico. Isso provavelmente se dá pelo movimento lateral de alerta mais frequente que o indivíduo sempre apresentava. *Resting Laying* possui um limite mínimo maior, porém *Resting Clinging* possui maior frequência de movimento em limites menores do que em indivíduos em cativeiro. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $0 < \text{VeDBA} < 0.2$
- Resting Laying: $0.05 < \text{VeDBA} < 0.25$
- Resting Clinging: $0.15 < \text{VeDBA} < 0.25$

Gráficos 62 – 66. Acelerações do eixo X de movimento em campo



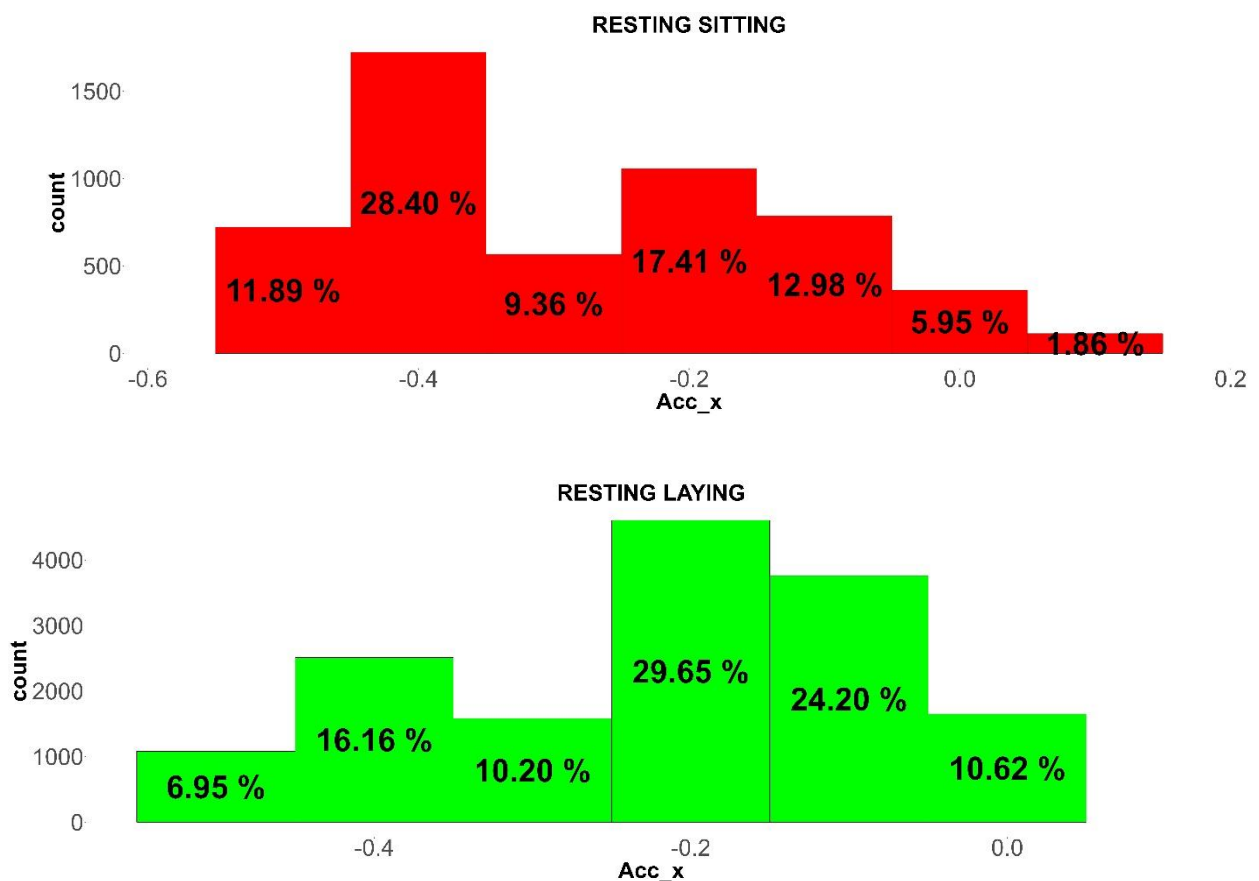


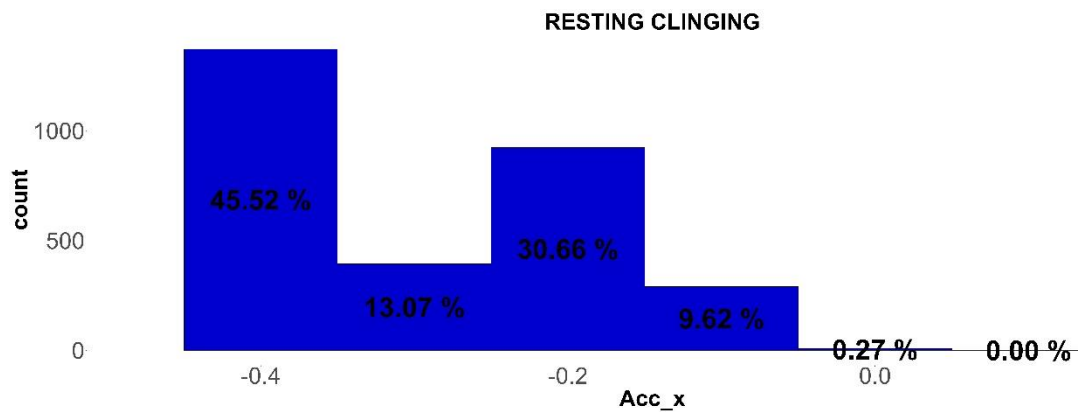
Fonte: Autores, 2023

Aqui existe um destaque ainda maior em um dado curioso em campo, o eixo X em Moving Long, o que seria, teoricamente, o movimento mais agitado desse bloco, possui sua maior frequência em valores negativos. A mesma lógica de antes, também se aplica ao movimento vertical, com maior frequência de valores menores que 0. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $-0.5 < \text{AccX} < 0.3$
- Jumping: $-0.3 < \text{AccX} < 0.3$
- Moving Horizontal: $-0.5 < \text{AccX} < 0$
- Moving Vertical: $-0.5 < \text{AccX} < -0.2$
- Moving Long: $-0.2 < \text{AccX} < 0$

Gráficos 67 – 69. Acelerações do eixo X de descanso em campo





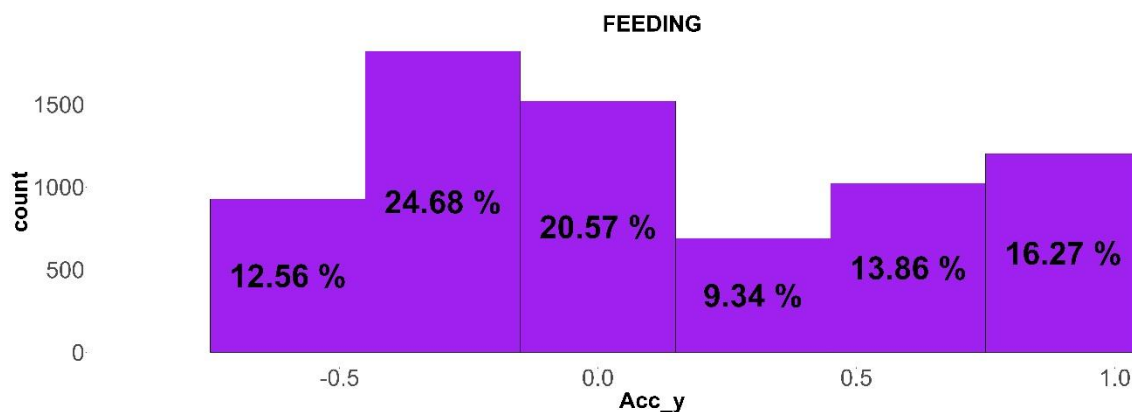
Fonte: Autores, 2023

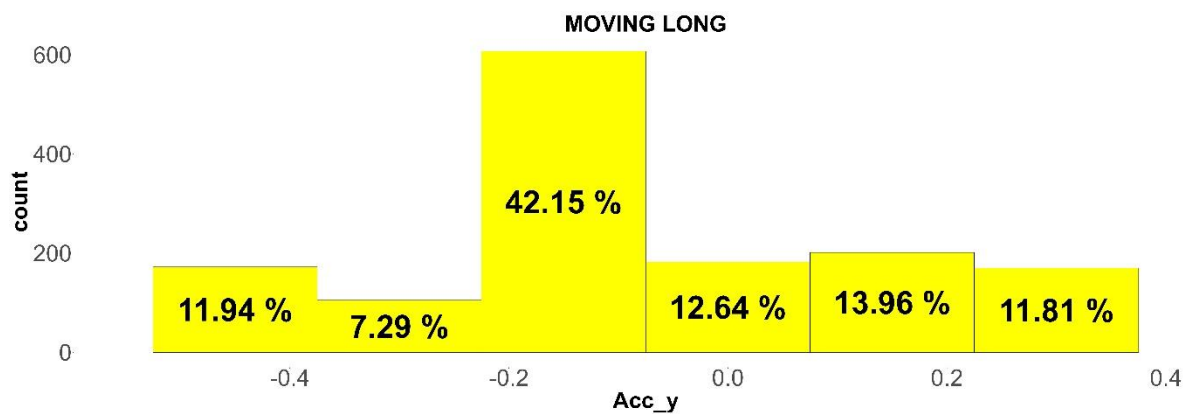
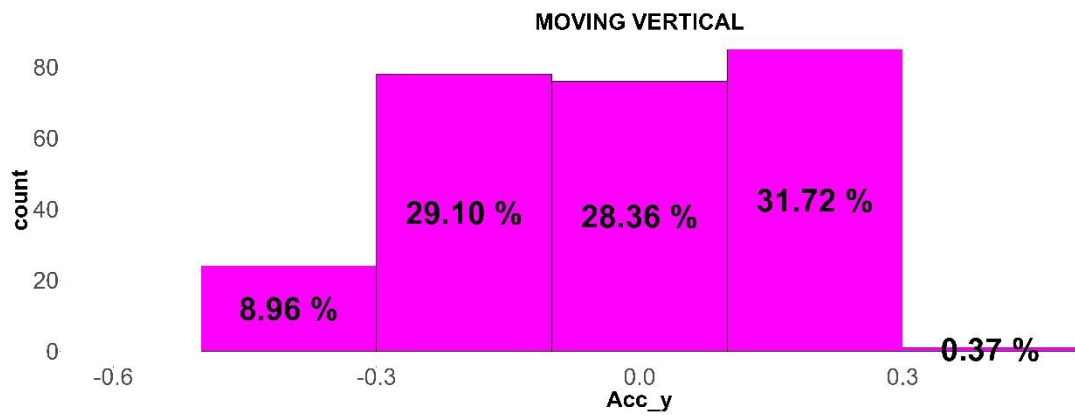
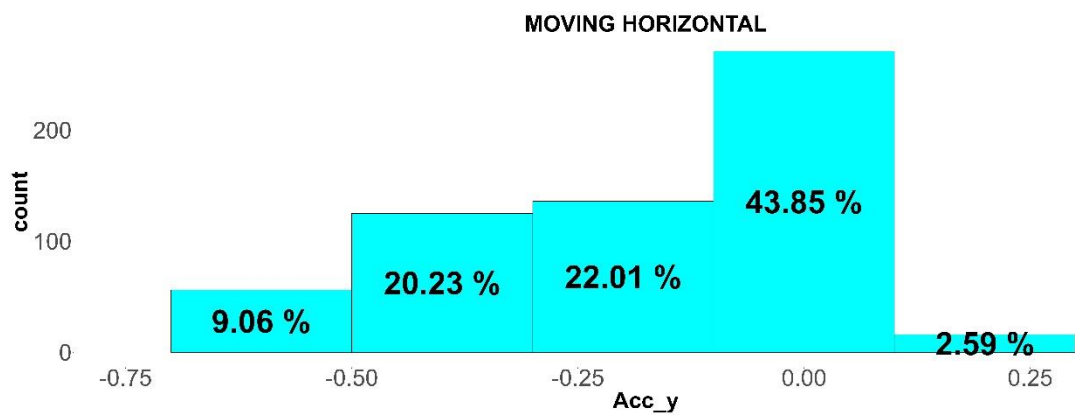
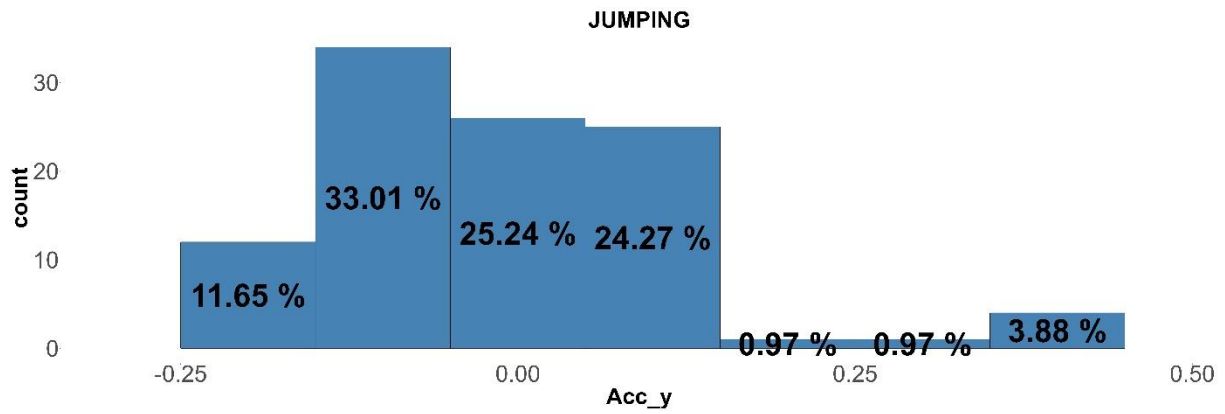
Interessante notar que o Resting Clinging aqui se mostra negativo, totalmente oposto aos dados de cativeiro. Isso não quer dizer que não há movimento lateral, mas o indivíduo pendeu mais ao lado direito, deixando o lado esquerdo, ou negativo, para cima. O Acc_x negativo para o Resting Sitting somente significa que o movimento para o lado esquerdo era maior, retomando ao movimento lateral de alerta que o indivíduo demonstrava. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $-0.5 < \text{AccX} < -0.4$
- Resting Laying: $-0.2 < \text{AccX} < 0$
- Resting Clinging: $-0.4 < \text{AccX} < -0.2$

Nesse bloco, o eixo X também se mostra um bom parâmetro para as regras, exceto para o Resting Clinging, que não se mostra relevante nesse contexto.

Gráficos 69 – 73. Acelerações do eixo Y de movimento em campo





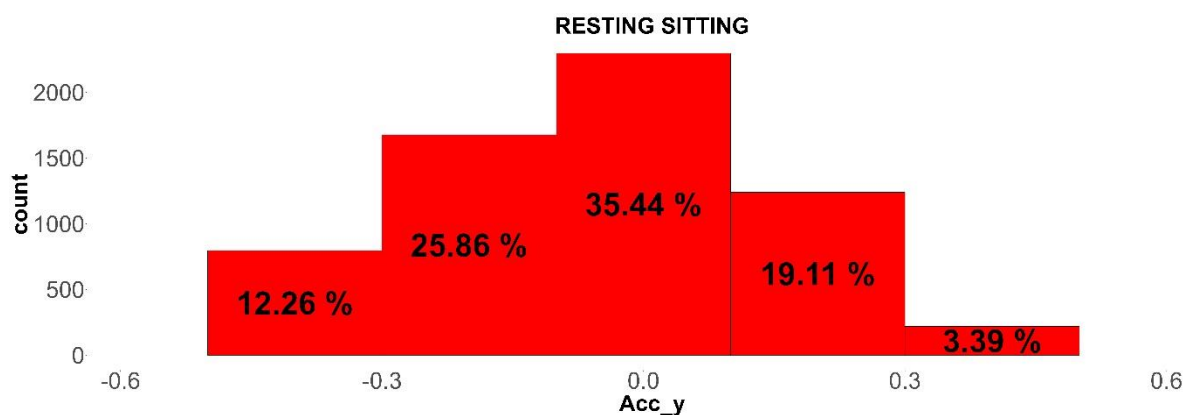
Fonte: Autores, 2023

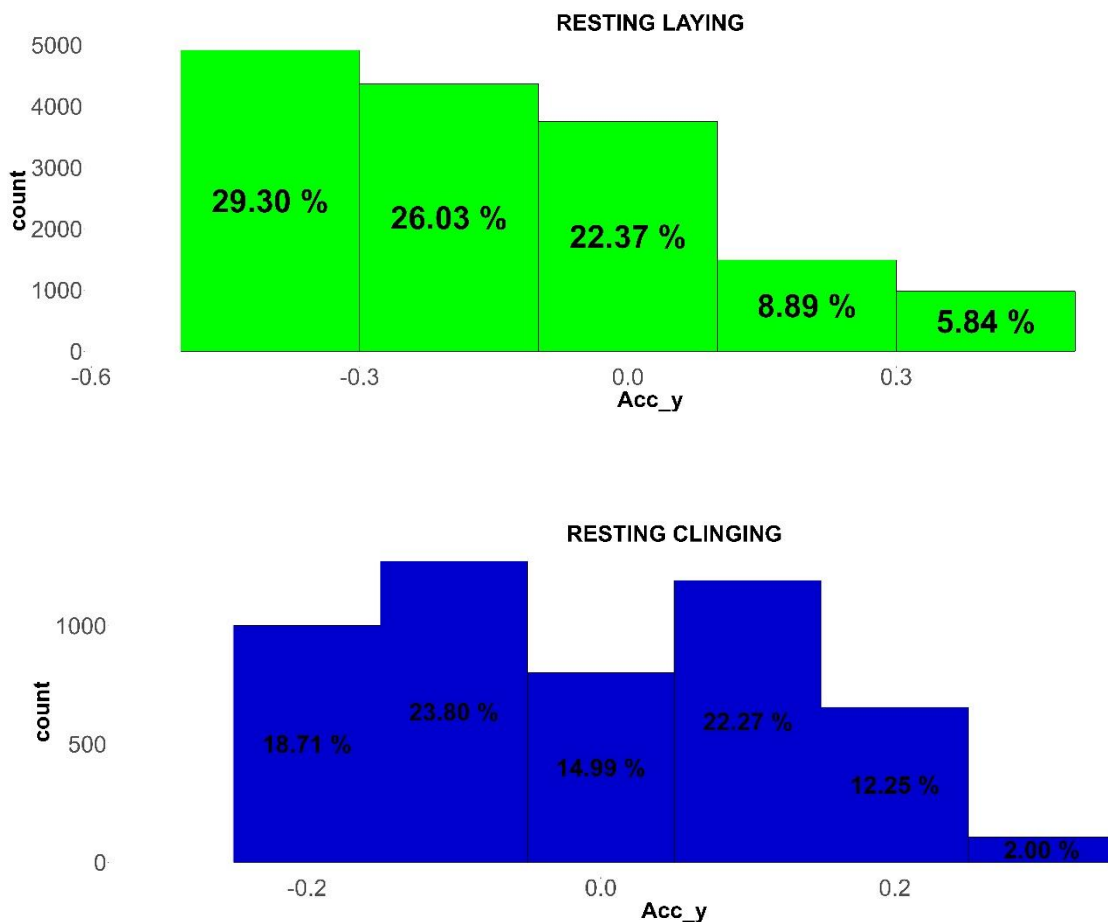
Novamente, o eixo Y se mostra muito mais presente no comportamento de alimentação. O movimento vertical ainda mostra mais de um pico, porém também é destaque que seu número de Acc_y seja maior que 0, ao contrário dos movimentos horizontais. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Feeding: $-0.5 < \text{AccY} < 0$
- Jumping: $-0.15 < \text{AccY} < 0$
- Moving Horizontal: $-0.15 < \text{AccY} < 0$
- Moving Vertical: $-0.3 < \text{AccY} < 0.3$
- Moving Long: $-0.2 < \text{AccY} < -0.1$

O eixo Y é um bom parâmetro para as regras, apresentando picos únicos e direcionados, exceto em Jumping e Moving Horizontal, que apresentam os mesmos intervalos.

Gráficos 74 – 76. Acelerações do eixo Y de descanso em campo





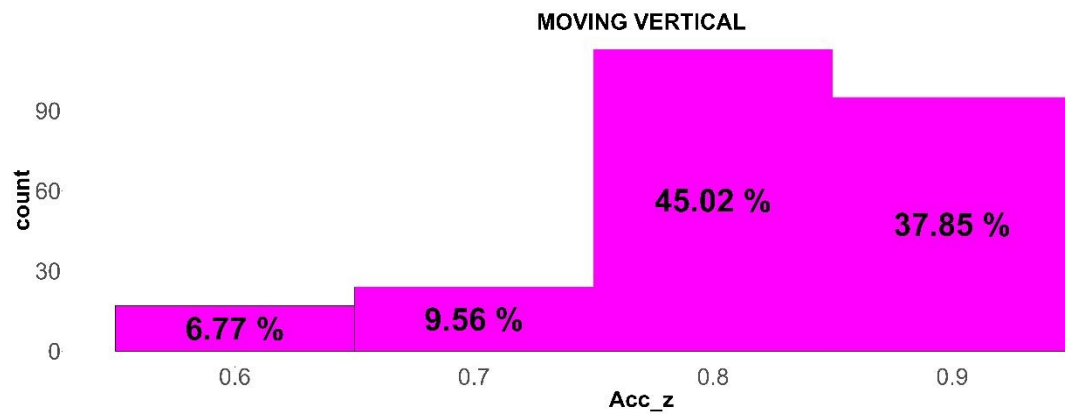
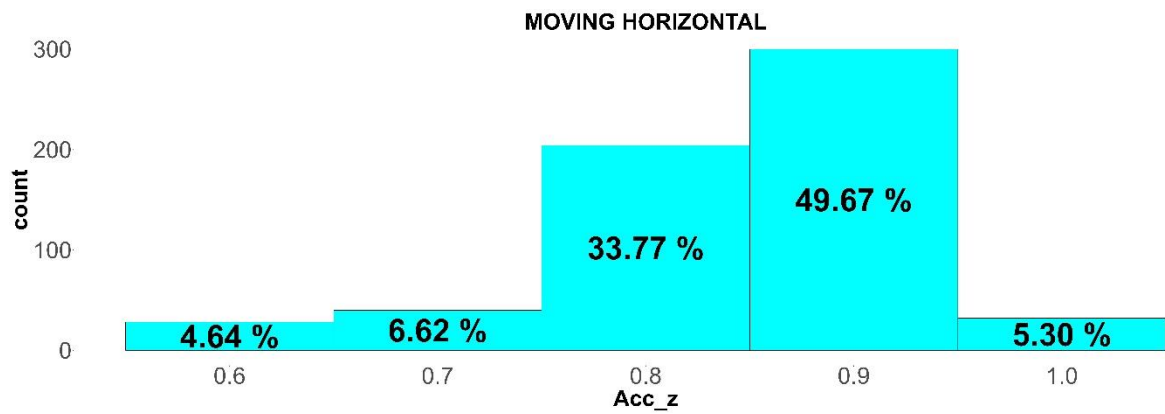
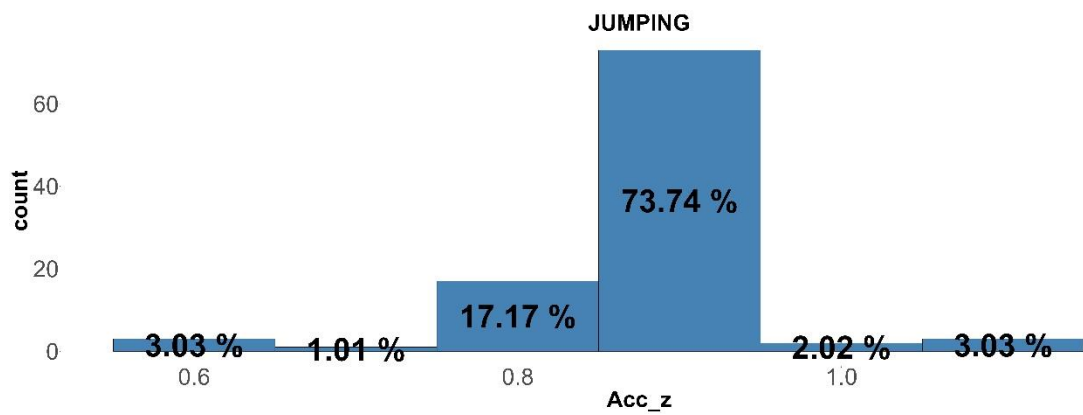
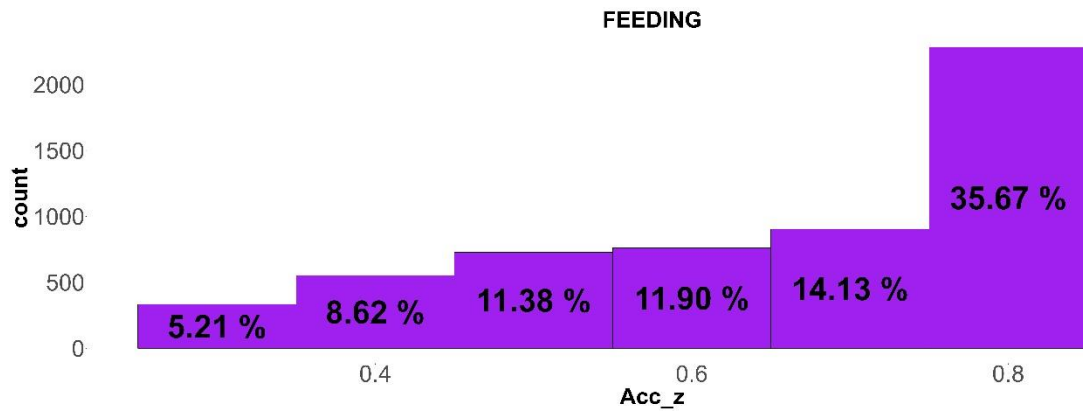
Fonte: Autores, 2023

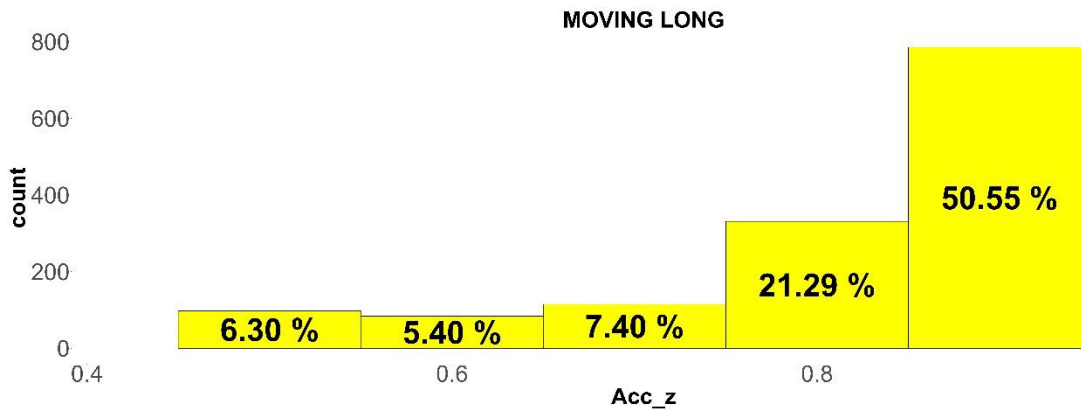
Aqui podemos ver a constância na posição desses animais mesmo em campo, com o eixo Y apontado para cima nos Resting Sitting e negativos em Resting Clinging e Laying. Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $-0.3 < \text{AccY} < 0$
- Resting Laying: $-0.4 < \text{AccY} < 0.1$
- Resting Clinging: $-0.15 < \text{AccY} < 0.15$

Nesse bloco de comportamentos, o eixo Y é um bom aliado, tal qual em cativeiro.

Gráficos 77 – 81. Acelerações do eixo Z de movimento em campo





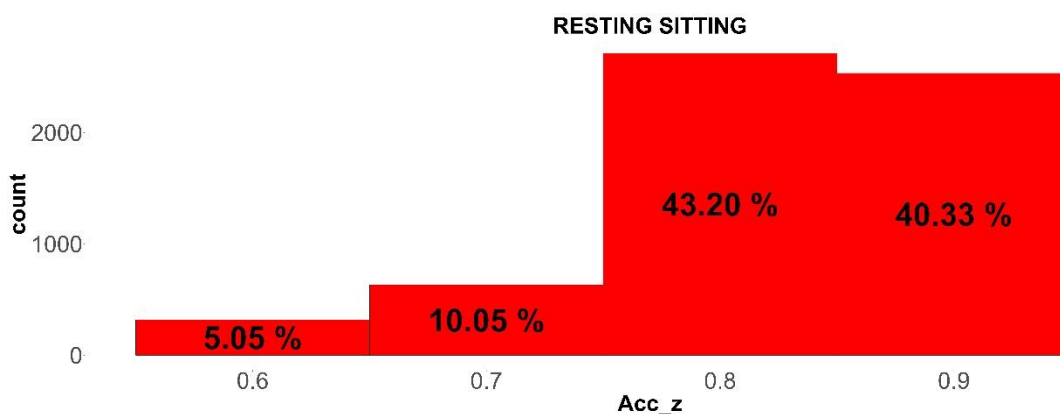
Fonte: Autores, 2023

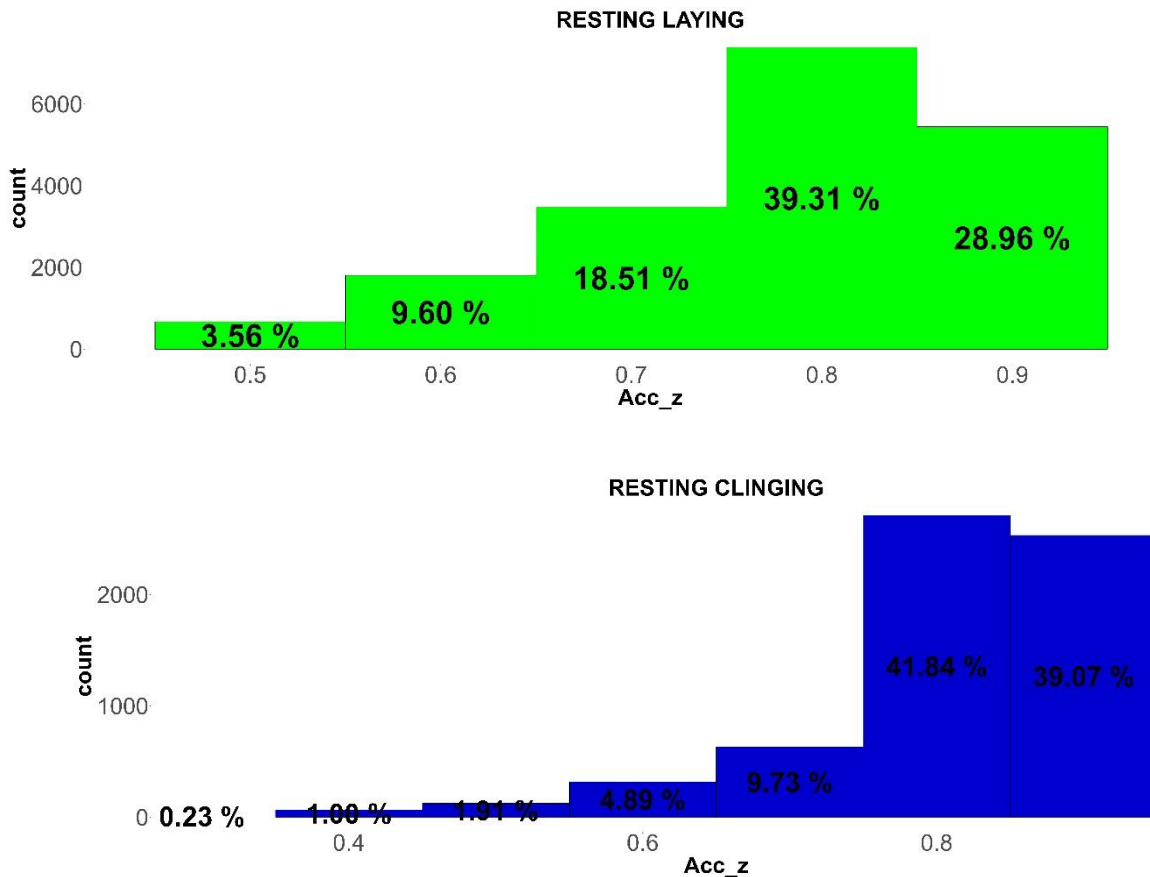
O eixo Z também apresenta constância nos dados em campo. Todos eles possuem assimetria para a esquerda, na linha de intervalos a partir do 0.8.

- Feeding: $0.75 < \text{AccZ} < 0.8$
- Jumping: $0.85 < \text{AccZ} < 0.9$
- Moving Horizontal: $0.8 < \text{AccZ} < 0.9$
- Moving Vertical: $0.8 < \text{AccZ} < 0.9$
- Moving Long: $0.85 < \text{AccZ} < 0.9$

O eixo Z não se mostra um bom parâmetro, pois os intervalos são muito semelhantes, não havendo questão de diferença entre os movimentos.

Gráficos 82– 84. Acelerações do eixo Z de descanso em campo





Fonte: Autores, 2023

A constância também é mantida no descanso. Importante notar também que é um eixo complicado para distinguir os movimentos.

Para diferenciação, supomos os seguintes intervalos, baseados nos gráficos:

- Resting Sitting: $0.8 < \text{AccZ} < 1$
- Resting Laying: $0.75 < \text{AccZ} < 0.9$
- Resting Clinging: $0.75 < \text{AccZ} < 0.9$

O eixo Z para os descansos não é bem filtrado, também recaindo à similaridade dos intervalos.

No final, o VeDBA continua sendo o melhor eixo para nos contar o que acontece quando não estamos em campo. O eixo Z é de difícil identificação, podendo ser menos relevante na elaboração de regras. Como oposto, o eixo Y se mostrou o maior auxiliador, principalmente como junção ao VeDBA, sendo o melhor indicador de direção, dando mais contexto à outra variável. O x é um ponto neutro nos dados, podendo ser um auxiliador na questão de agitação do animal e de cada

movimento.

4. DISCUSSÃO

O plano original do estudo contava em elaborar um orçamento temporal do grupo com os dados do acelerômetro, validar os comportamentos e comparar o uso de acelerômetros com métodos tradicionais. Para fazer um orçamento contundente através do acelerômetro, no entanto, é necessária uma grande variedade de comportamentos observados, tal qual a quantidade de eventos para cada comportamento (FEHLMAN *et al.*, 2017). Desse modo, as regras podem ser mais bem elaboradas para sua identificação, com maior refinamento, e repetições de padrões para verificação de regras. Avaliamos que o grau de habituação do grupo pode ter interferido na qualidade da coleta desses dados, uma vez que o grupo esteve distante de contato humano em decorrência da pandemia de COVID-19, período em que o local de estudo permaneceu fechado. Com a habituação em tempo adequado, eles se mostrariam mais receptivos, possibilitando maior visualização de seus comportamentos e, portanto, maior variedade e representatividade na amostragem dos mesmos.

Utilizando uma regra simples de intervalo de valores de VeDBA, conseguimos dados o suficiente para mostrar que o ideal, além de maior tempo de observação do grupo, seria o uso de outras métricas para maior contexto, como os eixos X, Y e Z, que indicam a postura do animal; seu cálculo diferencial; e a estimativa de tempo para cada comportamento, ou seja, quantos registros consecutivos podemos considerar para um determinado comportamento ser verdadeiro.

Em adição, pudemos ver em comparação, as semelhanças e diferenças da intensidade de cada comportamento base entre cativeiro e campo. Ainda que próximos, os histogramas mostram que mesmo em descanso, os indivíduos em campo demonstram maior atividade, considerando a complexidade do ambiente, desabitução, as ameaças externas e o estresse causado pela vida em seu habitat natural. Apesar de todos os contras, é o meio de chegar mais próximo dos comportamentos em seu dia a dia sem a presença dos pesquisadores. Os gráficos também mostraram mais diversidade no

espectro de intensidade dos comportamentos, provando ainda mais que a sutileza de cada parte das regras deve ser levada em conta, porém não deve ser complexa, para não invalidar a diversidade de intervalos dentro de um mesmo movimento. Em adição, um fator que deve ser levado em conta é que nos dados de cativeiro, por terem sido filmados, há maior precisão temporal na classificação dos comportamentos, o que gera mais acurácia na equivalência com os dados do acelerômetro, enquanto, na natureza, mesmo que tenhamos gravado voz e vídeo, existe um atraso na classificação, o que pode ter atrapalhado a validação dos comportamentos.

No final, o VeDBA continua sendo o melhor eixo para nos contar o que acontece quando não estamos em campo. O eixo Z é de difícil identificação, podendo ser menos relevante na elaboração de regras. Como oposto, o eixo Y se mostrou o maior auxiliador, principalmente como junção ao VeDBA, sendo o melhor indicador de direção, dando mais contexto à outra variável. O eixo X também pode ser um bom auxiliador, porém pode ser facilmente substituído pelo sVeDBA, que o inclui em sua fórmula

A validação foi de grande importância para confirmarmos os comportamentos das ondas dentro do software, e para aprendermos mais sobre essa nova abordagem de visualização comportamental. Para trabalhos futuros, as variáveis do software citadas anteriormente serão levadas em conta para o refinamento das regras e assim, esperamos, uma associação mais precisa dos dados do acelerômetro com os dados de campo.

5. CONCLUSÃO

O uso de acelerômetros para determinar o comportamento de micos-leões-pretos se mostrou eficiente, porém apresenta grandes desafios. Deve-se perceber que o aparelho serve como um auxiliar ao estudo, e não como um substituinte, pois para a melhor visualização das ondas e comportamentos, o pesquisador ainda precisa estar em campo, ao menos até a validação do método. Além de tudo, instalar o acelerômetro no animal, pode causar estresse e alteração comportamental até seu costume, o que pode levar muito tempo. No entanto, uma vez esses desafios enfrentados, a técnica pode ser um futuro

promissor para a pesquisa comportamental, assim nos guiando para melhores resultados e ações de conservação mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, J. Observational study of behavior: Sampling Methods. **Allee Laboratory of Animal Behavior, University of Chicago. Illinois, U.S.A.** v. 1, n. 1, p. 227-265, 1974.
- BROWN, D.; KAYS, R.; WIKELSKI, M.; WILSON, R.; KLIMLEY, A. P. Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. **Animal Biotelemetry**, Western Kentucky University, USA, v. 1, n. 1, p. 1–16, 2013. DOI: 10.1186/2050-3385-1-20.
- COIMBRA-FILHO, A. F., & MITTERMEIER, R. A. (1973). Distribution and ecology of the genus *Leontopithecus* lesson, 1840 in Brazil. *Primates*, 14(1), 47–66. <https://doi.org/10.1007/BF01730515>
- FARIA, H. Plano de Manejo Parque Estadual Morro do Diabo. **Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 9-312, 2006.
- FEHLMAN, D. *et al.* Identification of behaviours from accelerometer data in a wild social primate. **Animal Biotelemetry. Department of Biosciences, College of Science, Swansea University, Singleton Park, Swansea**, v. 1, p. 1-12, 2017. DOI: 10.1186/s40317-017-0121-3.
- FRIARD, O. & GAMBA, M. BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. **Methods in ecology and evolution**, 2016, 7(11), pp.1325–1330.
- GUNNER, R. M. *et al.* A new direction for differentiating animal activity based on measuring angular velocity about the yaw axis. **Ecology and Evolution**, Swansea University, Swansea, UK, v. 10, n. 14, p. 7872– 7886, 2020. DOI: 10.1002/ece3.6515.
- MARTIN, P; BATESON, P. Measuring Behaviour: An Introductory Guide. 3^a ed. **University Press, Cambridge, Reino Unido: Cambridge**, 2007.
- PARANHOS, K. M. Estimativas Populacionais para Espécies Raras: O Mico-Leão-Preta *Leontopithecus chrysopygus* (Mikan, 1823) Como Modelo. **Universidade Federal do Paraná**, Paraná, v. 1, n. 1, p. 53, 2006.
- R CORE TAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022. URL: <https://www.R-project.org/>
- REZENDE, G. C.; KNOGGE, C; PASSOS, F. LUDWIG, C. Black Lion Tamarin (*Leontopithecus chrysopygus*)-IUCN Red List Assessment. **The IUCN Red List of Threatened Species**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2020. DOI: 10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T11505A17935400.en
- RIBEIRO, M.; METZGER, J.; MARTENSEN, A. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest disturbed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 142, n. 6, p. 1141- 1153, 2009. DOI: 10.1016/j.biocon.2009.02.021
- VALLADARES-PADUA, C. B. The ecology, behavior and conservation of the black lion tamarins (*Leontopithecus chrysopygus* Mikan, 1823). **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, University of Florida, USA, v. 130, n2, p. 4-182, 1998. DOI: 10.1016/j.jaci.2012.05.050.
- WILSON, P. *et al.* Give the machine a hand: A Boolean time-based decision-tree template for rapidly finding animal behaviours in multisensor data. **Methods in Ecology and Evolution**, Swansea University, UK, v.

9, n. 11, p. 2206–2215, 2018. DOI: 10.1111/2041-210X.13069. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/2041-210X.13069>.

WILSON, P.; SHEPARD, E. L. C.; LIEBSCH, N. Prying into the intimate details of animal lives: Use of a daily diary on animals. **Endangered Species Research**, [S. l.], v. 4, n. 1–2, p. 123–137, 2008. DOI: 10.3354/esr00064.

WINTER, M. Aspectos comportamentais e ecológicos do mico-leão-preto (Callitrichidae: *Leontopithecus chrysopygus*): uma revisão bibliográfica. **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, Rio Claro, SP, v. 1, n. 1, p. 40, 2016.