



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA**  
**INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**JOÃO VITOR DA COSTA MONTEIRO**

**SENSIBILIDADE GUSTAVATIVA E PREFERÊNCIA POR AÇÚCARES EM**  
***Chlorocebus aethiops* (MACACO VERDE AFRICANO)**

**BELÉM**

**2024**

**JOÃO VITOR DA COSTA MONTEIRO**

**SENSIBILIDADE GUSTAVATIVA E PREFERÊNCIA POR AÇÚCARES EM  
*Chlorocebus aethiops* (MACACO VERDE AFRICANO)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) como requisito básico para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

**Orientador(a):** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Andréa Magalhães Bezerra.

**Coorientador:** M.e Igor Alves de Sousa.

**BELÉM**

**2024**

**JOÃO VITOR DA COSTA MONTEIRO**

**SENSIBILIDADE GUSTATIVA E PREFERÊNCIA POR AÇUCARES EM  
*Chlorocebus aethiops* (MACACO VERDE AFRICANO)**

Trabalho de conclusão de curso como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas na Universidade Federal Rural da Amazônia.

**Aprovado em : 1º de novembro de 2024.**

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANDREA MAGALHAES BEZERRA  
Data: 19/11/2024 10:06:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Profª Drª. Andréa Magalhães Bezerra**  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Orientadora

---

**M.e Igor Alves de Sousa.**  
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo -  
FFCLRP-USP  
Coorientador

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** FREDERICO OZANAN BARROS MONTEIRO  
Data: 19/11/2024 13:47:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof Dr. Frederico Ozanan Barros Monteiro**  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Membro Titular da Banca Examinadora

---

**Prof Dr. Thiago Augusto Pedrosa Barbosa**  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA  
Membro Titular da Banca Examinadora

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M772s Monteiro, João Vitor Da costa  
SENSIBILIDADE GUSTATIVA E PREFERÊNCIA POR AÇÚCARES EM  
CHLOROCEBUS AETHIOPS (MACACO VERDE AFRICANO) / João Vitor Da costa  
Monteiro. - 2024.  
49 f. : il. color. :

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas  
(Bacharelado), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia,  
Belém, 2024.

Orientador: Profa. Dra. Andréa Magalhães Bezerra

Coorientador: Prof. Me. Igor Alves de Sousa.

1. paladar. 2. primatas do velho mundo. 3. sociedade. I. Bezerra, Andréa Magalhães ,  
orient. II. Título

---

599.820451

CDD

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me sustentado até aqui e me dado forças. Agradecer aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e me incentivando a seguir o meu sonho, que é a biologia, sem vocês eu não teria conseguido chegar até aqui.

Agradeço a minha namorada, Ludmilla Karina, por estar nessa jornada comigo desde os primeiros semestres da faculdade, dividindo comigo as dificuldades e as vitórias. Você foi essencial nesta jornada, obrigado por tornar tudo mais leve, por escolher dividir sua vida comigo e deixar a minha vida mais colorida.

Gostaria de agradecer também as minhas primeiras orientadoras, Ana Silvia e Andréa Bezerra, por abrirem as portas do meu primeiro estágio, o CETRAS. Agradeço em especial a professora e minha orientadora deste trabalho Andréa Bezerra, por ser uma grande inspiração na biologia, por sempre acreditar no meu potencial e por ter me acolhido desde o momento em que nos conhecemos, muito obrigado por tudo que você fez!

Aos meus professores da graduação Thiago Augusto, Xiomara Diaz e Paula Campos, agradeço por todos os ensinamentos e pela amizade criada ao longo da graduação, vocês me ensinaram muito e me proporcionaram experiências incríveis ao longo da graduação, sou eternamente grato por isso.

Agradeço também ao meu coorientador, Igor Alves, que me apresentou esse mundo incrível dos primatas e mesmo de longe, teve toda paciência do mundo para me orientar e me ensinar todos os passos que tornam este trabalho possível.

Aos amigos que fiz na faculdade, Beatriz Dornellas, Hayanna Barros, Isadora Reis, Larissa Duarte e tantos outros que não vão nem caber aqui, obrigado por todo companheirismo, risadas e por tornarem a graduação um ambiente mais leve.

Aos amigos que fiz no CETRAS, Gabrielly Uchôa, Bármela Silva, Stephane Franco, Max, Lucian, Amanda Amorim, Bianca Barbosa, Joely Magno e as minhas duas queridas residentes, amigas, e eternas chefes, Karoline Petrini e Arianne Carreira, agradeço a todos vocês por tudo que me ensinaram sobre o mundo de selvagens e como me transformaram em uma pessoa melhor e em um profissional melhor, obrigado por fazerem do meu primeiro estágio o melhor estágio da graduação.

Aos meus amigos que estão comigo desde que eu consigo me lembrar, Tauan Matos, Livia Munhoz, Maysa Batista, Samara Gomes e Brenda Teixeira, obrigado por tantos e tantos anos de companheirismo e por sempre toparem as minhas loucuras, vocês foram essenciais ao longo de toda essa jornada.

E não poderia deixar de agradecer a todos os membros do Centro Nacional de Primatas, em especial a Ana Karolyna F. Pereira, os tratadores do galpão três e a Camila, responsável técnica pelo galpão durante a realização do experimento, sem o auxílio de vocês essa pesquisa não seria possível, sou eternamente grato por todo apoio e dedicação.

## RESUMO

Os primatas não humanos (PNH) são amplamente utilizados como modelos biológicos devido à sua proximidade filogenética com os seres humanos. A semelhança no sistema gustativo entre essas espécies torna-os ideais para estudos comparativos de percepção gustativa. Contudo, há uma escassez de estudos sobre o desempenho gustativo comportamental em várias espécies de primatas, especialmente *Chlorocebus aethiops*, uma espécie de primata do Velho Mundo. O presente estudo teve como objetivo preencher essa lacuna, investigando a sensibilidade desses primatas a dois açúcares – sacarose e glicose – e verificando possíveis preferências entre eles. O estudo foi realizado com quatro espécimes adultos de *Chlorocebus aethiops*, sendo dois machos e duas fêmeas, no Centro Nacional de Primatas CENP, localizado no estado do Pará. Os primatas foram submetidos a testes de escolha entre duas garrafas: uma contendo água filtrada e outra contendo soluções de diferentes concentrações de sacarose ou glicose. As concentrações dos açúcares variaram de 100 mM até níveis menores, com o objetivo de identificar o limiar de sensibilidade gustativa. O comportamento dos primatas foi monitorado para avaliar sua preferência entre as soluções oferecidas. Os testes foram realizados três vezes por semana, durante sete meses, com intervalos regulares entre as sessões. Os resultados mostraram uma clara preferência dos primatas por sacarose e glicose em comparação com a água filtrada, especialmente nas concentrações mais altas. O limiar de sensibilidade gustativa foi estabelecido em 20 mM para a sacarose e 30 mM para a glicose. Nas concentrações de 50 e 100 mM, os primatas demonstraram uma preferência absoluta pela sacarose, com consumo de até 96,25% da solução açucarada. A partir de 20 mM, a preferência foi diminuindo gradualmente, até se aproximar de níveis aleatórios (50%) em concentrações de 10 mM para ambos os açúcares. Estatisticamente, não houve diferença significativa entre os dois açúcares em termos de preferência geral ( $p > 0,05$ ). Contudo, a sacarose apresentou um estímulo gustativo mais forte, refletido no menor limiar de percepção gustativa em relação à glicose. Os resultados sugerem que a percepção de doçura está mais associada à sacarose, o que corrobora estudos anteriores com outros primatas e humanos. Este estudo demonstrou que os primatas *Chlorocebus aethiops* apresentam maior sensibilidade gustativa e preferência por sacarose em comparação com a glicose, com limiares de sensibilidade gustativa próximos aos de outras espécies de primatas. Esses resultados sugerem que a percepção gustativa de açúcares em primatas pode estar relacionada a hábitos alimentares e preferências evolutivas. O estudo também destaca a importância de continuar investigando as preferências gustativas em primatas para compreender melhor os mecanismos evolutivos envolvidos na percepção do paladar. Além disso, a pesquisa oferece uma base para futuros estudos sobre a relação entre a dieta e o comportamento alimentar em primatas.

**Palavras-chave:** paladar, primatas do velho mundo, saciedade.

## ABSTRACT

Non-human primates (NHP) are widely used as biological models due to their phylogenetic proximity to humans. The similarity in the gustatory system between these species makes them ideal for comparative studies of taste perception. However, there is a scarcity of studies on the behavioral gustatory performance in various primate species, especially *Chlorocebus aethiops*, a species of Old World primate. The present study aims to fill this gap by investigating the sensitivity of these primates to two sugars – sucrose and glucose – and verifying possible preferences between them. The study was conducted with four adult specimens of *Chlorocebus aethiops*, two males and two females, at the National Primate Center (CENP), located in the state of Pará. The primates were subjected to two-bottle choice tests: one containing filtered water and the other containing solutions of different concentrations of sucrose or glucose. Sugar concentrations ranged from 100 mM to lower levels, to identify the threshold of gustatory sensitivity. The behavior of the primates was monitored to assess their preference between the offered solutions. The tests were conducted three times a week for seven months, with regular intervals between sessions. The results showed a clear preference of the primates for sucrose compared to glucose, especially at higher concentrations. The gustatory sensitivity threshold was established at 20 mM for sucrose and 30 mM for glucose. At concentrations of 50 and 100 mM, the primates showed an absolute preference for sucrose, consuming up to 96.25% of the sugar solution. From 20 mM, the preference gradually decreased until approaching random levels (50%) at concentrations of 10 mM for both sugars. Statistically, there was no significant difference between the two sugars in terms of overall preference ( $p > 0.05$ ). However, sucrose presented a stronger gustatory stimulus, reflected in the lower gustatory perception threshold compared to glucose. The results suggest that the perception of sweetness is more associated with sucrose, which corroborates previous studies with other primates and humans. This study demonstrated that *Chlorocebus aethiops* primates have greater gustatory sensitivity and a preference for sucrose compared to glucose, with gustatory sensitivity thresholds similar to those of other primate species. These results suggest that the gustatory perception of sugars in primates may be related to dietary habits and evolutionary preferences. The study also highlights the importance of continuing to investigate taste preferences in primates to better understand the evolutionary mechanisms involved in taste perception. Additionally, the research provides a basis for future studies on the relationship between diet and feeding behavior in primates.

Keywords: taste, old world primates, satiety.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Galpão de Reprodução .....	15
Figura 2 - Recintos de exposição.....	15
Figura 3 - Macho de <i>Chlorocebus sp</i> , em destaque, seu saco escrotal em tonalidade azulada.....	20
Figura 4 - Mapa de distribuição (linha em vermelho) de <i>Chlorocebus aethiops</i> em grande parte do continente Africano. ....	21
Figura 5 - Comportamento alimentar em ambiente natural em <i>Chlorocebus</i> .....	23
Figura 6 - Grupo familiar de <i>Chlorocebus sp</i> .....	23
Figura 7 - Área do Instituto Evandro Chagas.....	25
Figura 8 - Representação do galpão de reprodução em que estavam alocados os grupos familiares de <i>Chlorocebus aethiops</i> .....	27
Figura 9 - Resposta gustativa dos quatro indivíduos de <i>Chlorocebus aethiops</i> a soluções aquosas de sacarose em testadas em comparação com água.....	31
Figura 10 - Resposta gustativa dos quatro indivíduos de <i>Chlorocebus aethiops</i> a soluções aquosas de glicose, testada em comparação com água filtrada.....	34
Figura 11 - Comparação gustativa dos quatro indivíduos de <i>Chlorocebus aethiops</i> a soluções aquosas de sacarose e glicose.....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
3.1 Centro Nacional de Primatas.....	14
3.2 Pesquisa com primatas.....	16
3.3 Importância da Sacarose e da Glicose em Estudos de Sensibilidade Gustativa em Primatas.....	18
3.4 Gênero <i>Chlorocebus</i> .....	19
3.4.1 Taxonomia.....	19
3.4.2 Distribuição Geográfica e Habitats.....	21
3.4.3 Hábitos Alimentares e Sociais.....	22
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 Área de Estudo.....	25
4.2 Animais.....	26
4.3 Procedimentos.....	28
4.4 Análise de dados.....	28
4.5 Comitê de Ética no Uso de Animas.....	29
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
5.1 Sacarose.....	31
5.2 Glicose.....	34
5.3 Diferenças entre o consumo de Sacarose e Glicose.....	35
5.4 Preferência e sensibilidade de <i>C. aethiops</i> por glicose e sacarose.....	37
5.5 Diferenças da alimentação em vida livre e em cativeiro.....	39
5.6 Comparação do limiar de <i>C. aethiops</i> com outras espécies de primatas.....	40
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Espécies de primatas não humanos (PNH) são modelos biológicos amplamente utilizados em pesquisas científicas, devido à sua correlação filogenética com o ser humano. Com isso, esses animais têm sido cada vez mais empregados em estudos biomédicos, testes de vacinas, estudos comportamentais, entre outros. A utilização de primatas em pesquisas relacionadas à neuroanatomia gustativa também vem crescendo (Pritchard, 1991; Rolls, 1995), uma vez que existe uma codificação semelhante entre primatas e humanos na qualidade do paladar (Scott, 1991).

Estudos comparativos da percepção do paladar permitem obter informações sobre os mecanismos subjacentes à evolução do sentido do paladar, além de esclarecer as diferenças de desempenho gustativo entre espécies (Norlén et al., 2018). Por exemplo, a codificação gustativa em primatas e humanos exhibe diversas semelhanças, atribuídas a estruturas sensoriais e circuitos neuronais evolutivamente conservados (Brouwer, 2024).

Para estudos sobre percepção gustativa, assim como em pesquisas clínicas e biomédicas, o ideal seria o uso de grandes primatas ou primatas do Velho Mundo, como o rhesus (*Macaca mulatta*) ou os macacos verdes africanos (*Chlorocebus aethiops*), devido à sua proximidade filogenética com o ser humano (Pratt-riccio, 2021). Contudo, apesar de serem modelos ideais, o custo de manutenção em cativeiro é elevado, o que limita o uso desses primatas em pesquisas de preferência gustativa e cria lacunas de dados para algumas espécies, como o *Chlorocebus aethiops*.

*C. aethiops*, também conhecido como macaco verde africano, é um primata do velho mundo, com ampla distribuição por toda África subsaariana (Rowe, 1996). É uma das espécies de primatas do velho mundo que tem sido amplamente utilizado em pesquisas biomédicas devido à sua proximidade genética com os humanos e à sua capacidade de adaptação ao ambiente de cativeiro (Van der kuyt et al., 1996).

Contudo, até o momento, não há estudos específicos sobre os limiares gustativos dessa espécie para tipos básicos de sabores, como doce, azedo, salgado, amargo e umami. A investigação de suas respostas gustativas pode fornecer insights importantes para a compreensão da evolução do paladar entre primatas, especialmente quanto à preferência por alimentos açucarados.

Nos estudos de sensibilidade gustativa, a sacarose e a glicose são substâncias de interesse particular, pois atuam em vias de sinalização diferentes. A glicose, por exemplo, é detectada por receptores gustativos e por transportadores específicos, como GLUT e SGLT, o que desencadeia respostas metabólicas no organismo (Feng, 2014). Já a sacarose, um dissacarídeo de glicose e frutose, interage diretamente com os receptores TAS1R2 e TAS1R3, que regulam a percepção do sabor doce (Liu, 2013). A avaliação dessas respostas diferenciais entre os açúcares fornece

informações sobre a resposta gustativa em primatas, sendo relevante para comparações com a fisiologia humana.

Diante da ausência de estudos gustativos específicos para o *Chlorocebus aethiops*, o presente trabalho tem como objetivo determinar a sensibilidade gustativa para dois açúcares, sacarose e glicose, nessa espécie. Avaliaremos se existe preferência entre esses dois açúcares, contribuindo assim para o entendimento das bases da percepção gustativa em primatas não humanos e das possíveis similaridades e diferenças em relação ao paladar humano.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral:**

- Avaliar a sensibilidade gustatória de *Chlorocebus aethiops* (Macaco verde africano) a dois tipos de açúcares (sacarose e glicose).

### **2.2 Objetivos Específicos:**

- Construir curvas de preferência dos animais através de diferentes concentrações de sacarose e glicose.
- Obter o limiar de sensibilidade dos animais para sacarose e glicose.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Centro Nacional de Primatas

O Centro Nacional de Primatas (CENP) foi criado em 1978, em uma reunião da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), que se concretizou através da Portaria nº 115/BSB, de 15 de março de 1987. A criação do CENP foi estabelecida a partir do convênio entre o Ministério da Saúde (MS), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e Organização Mundial de Saúde (OMS) (Melo, [s.d.]). O Instituto Evandro Chagas (IEC) foi escolhido pela Fundação SESP para ser responsável pelo projeto de estruturação do Centro Nacional de Primatas (CENP), pela sua vasta experiência que tinha nas pesquisas de campo em doenças tropicais.

A necessidade de criação de um centro de primatas no Brasil se deu por um apelo mundial feito no século 20, para que as pesquisas científicas diminuíssem o uso de primatas do velho mundo em seus experimentos (Melo, [s.d.]). Diante disso, houve a busca por substitutos entre os primatas no novo mundo (macacos das Américas) e, após estudos, constatou-se que países como Peru, Colômbia, Bolívia e principalmente o Brasil, por ter a maior diversidade de espécies de primatas não humanos, tinham um grande potencial para serem centros de pesquisas (Melo, [s.d.]).

O Centro Nacional de Primatas foi criado com o objetivo principal de “planejar e executar políticas de desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para as populações de primatas não humanos no Brasil” (Centro Nacional de Primatas, 2017). Outro objetivo é criar e reproduzir primatas neotropicais e exóticos (Gênero *Chlorocebus*), para desenvolver e apoiar pesquisas na área de ciências da saúde em parcerias com instituições de pesquisa e ensino, além de assegurar a conservação das espécies.

Em seu plantel, o CENP mantém 26 espécies, sendo 25 espécies neotropicais e 1 espécie de primata do velho mundo (*Chlorocebus aethiops*), totalizando 682 Primatas Não Humanos (PNH). São 243 machos e 277 fêmeas, distribuídos em 04 faixas etárias, a saber: infantil, 34; juvenil, 67; sub-adulto, 61; e adultos, 520. O local possui dois ambientes para alocar seus primatas: os galpões de reprodução (Figura 1) e os recintos de exposição (Figura 2).

**Figura 1** - Galpão de Reprodução.



Fonte: Ascon/CENP (2024).

**Figura 2** - Recintos de exposição.



Fonte:Ascon/CENP (2024).

### 3.2 Pesquisa com primatas

A demanda por primatas não-humanos para servirem como modelos na pesquisa científica tornam esses animais cada dia mais importantes para o ser humano (Pereira, 2021). O uso de primatas não humanos (PNH) nas pesquisas têm desempenhado um papel importante e fundamental em muitos dos avanços médicos e científicos nas últimas décadas. Estes primatas são usados devido às semelhanças com os humanos em termos de fisiologia, neuroanatomia, reprodução, desenvolvimento, cognição e complexidade social (Pratt-riccio, 2021). Essas semelhanças sugerem que os dados obtidos em PNH são mais válidos em comparação com outros modelos, como roedores (Craig *et al.*, 2012; Beignon *et al.*, 2014; Riccio *et al.*, 2015).

Pela sua proximidade filogenética com o homem, os grandes PNH Hominoidea (chimpanzés, gorilas, orangotangos e gibões) seriam os ideais para estudos pré-clínicos de vacinas (Beignon *et al.*, 2014; Kennedy *et al.*, 1997). Porém, possuem um grande custo de manutenção em cativeiro, além de muitas espécies pertencentes a estes grupos estarem ameaçadas de extinção e fatores éticos, por conta da proximidade filogenética com homem, esse grupo passou a ser menos cooptado para pesquisas clínicas. Outra opção seria a utilização de macacos do Velho Mundo, como

o rhesus (*Macaca mulatta*), o macaco cauda de porco (*Macaca nemestrina*) ou os macacos verdes africanos (*Chlorocebus aethiops*). Todavia, também são animais de porte e longevidade consideráveis, sendo cara a sua manutenção (Pratt-riccio, 2021).

Atualmente, uma das opções mais viáveis é a utilização de primatas do Novo Mundo nas pesquisas científicas, em especial, pesquisas com vacinas (Pratt-riccio, 2021). Em geral, são de pequeno a médio porte e não estão, em sua maioria, ameaçados na natureza (Pratt-riccio, 2021). Entre as espécies utilizadas em pesquisas biomédicas, pode-se citar os dos gêneros *Aotus* (macaco-da-noite), *Saimiri* (macaco-de-cheiro), *Sapajus* (macaco prego) e variedades de saguis, como o *Callithrix jacchus* (mico-estrela) (Pratt-riccio, 2021).

Além das pesquisas biomédicas, os primatas são um dos modelos animais mais utilizados em pesquisas de anatomia comparada (Pereira, 2021), eletrofisiológicas (Plata-Salaman, 1993; Plata-Salaman, 1995; Rolls, 1989) e neuroanatomia gustativa (Pritchard, 1991; Rolls, 1995). Essa preferência se dá principalmente pela grande relação fisiológica e anatômica com o homem. Além disso, os primatas possuem uma aparente semelhança com o ser humano na codificação da qualidade do paladar (Scott, 1999).

Estudos comparativos da percepção do paladar são importantes, pois permitem-nos obter informações sobre os mecanismos subjacentes à evolução do sentido do paladar e as causas das diferenças entre espécies no desempenho do paladar (Norlén *et al.*, 2018). Essa semelhança entre primatas e humanos têm instigado cada vez mais estudos sobre a percepção gustativa de primatas relacionados a diversos sabores (Pritchard, 1994; Laska, 1996; Laska, 1997; Laska, 1998; Laska, 1999; Laska, 2000).

Matthias Laska é um dos principais pesquisadores sobre a resposta gustativa em primatas, desde primatas do novo mundo, como o macaco aranha (*Ateles geoffroyi*) (Laska, 2000) e o macaco-de-cheiro (*Saimiri sciureus*) (Laska, 1999), a primatas do velho mundo como o babuíno-amarelo (*Papio hamadryas*) (Laska, 1999). Apesar disso, algumas espécies ainda não possuem estudos sobre seus limiares ou preferências gustativas, como é o caso do macaco verde africano ou macaco grivet (*Chlorocebus aethiops*).

Por ser um dos grupos de primatas com maior semelhança filogenética com o ser humano, os representantes do Gênero *Chlorocebus* vêm sendo usados como

modelo animal para pesquisas biomédicas há anos, como na pesquisa sobre o vírus da imunodeficiência símia (SIV) (Switzer *et al.*, 2004, 2005; Wertheim e Worobey, 2007). Jorgensen *et al.*, (2013), também utilizou exemplares de primatas do velho mundo em sua pesquisa, onde comparou os efeitos de uma dieta ocidental em *Chlorocebus*, homens e mulheres e Frye *et al.*, (2021), avaliou uma neuropatologia semelhante a doença de alzheimer em *Chlorocebus aethiops sabaeus*, avaliando o envelhecimento e o declínio funcional da espécie, fornecendo assim um importante modelo experimental para o tratamento da doença.

Porém, apesar deste crescente número de estudos, pouco se sabe sobre o desempenho gustativo dos primatas a nível comportamental (Laska, 2000). Grande parte dos estudos sobre esta temática utiliza quatro sabores básicos, geralmente utilizando sacarose (sendo esse o sacarídeo base nesses estudos pelo seu alto grau de estímulo), cloreto de sódio, ácido clorídrico e cloridrato de quinina (Pritchard, 1994). Outro sacarídeo muito utilizado é a glicose, além de frutose, maltose e lactose (Laska, 2000).

### **3.3 Importância da Sacarose e da Glicose em Estudos de Sensibilidade Gustativa em Primatas.**

Sacarose e glicose são um dos sacarídeos mais utilizados em estudos de sensibilidade gustativa. Em pesquisas, esses açúcares são escolhidos por sua capacidade de ativar receptores gustativos específicos, permitindo que se investiguem as vias de sinalização gustativa e metabólica (Glaser *et al.* 1995).

Estudos como os de Glaser *et al.* (1995) utilizam sacarose para avaliar a preferência gustativa e a sensibilidade a substâncias doces em diferentes espécies de primatas, verificando como a adaptação evolutiva a uma dieta rica em açúcares pode influenciar a preferência por este dissacarídeo. Esses estudos são fundamentais para comparar a evolução do paladar em primatas e entender como espécies distintas reagem aos açúcares.

Além disso, sacarose e glicose permitem uma análise mais aprofundada da função e estrutura dos receptores TAS1R2 e TAS1R3, essenciais na percepção do sabor doce (Liu *et al.* 2013). Estudos que comparam a resposta a esses açúcares ajudam a estabelecer padrões de preferência gustativa entre espécies. Liu *et al.*

(2013) utilizaram a sacarose para investigar a atividade dos receptores TAS1R2 e TAS1R3 em macacos rhesus, enquanto estudos adicionais em primatas do Novo Mundo indicam diferenças marcantes na resposta a glicose e sacarose entre espécies (Laska *et al.*, 2000). Dessa forma, esses estudos fornecem uma base para explorar as adaptações sensoriais e metabólicas relacionadas à evolução das dietas frugívoras em primatas e a relevância dos açúcares para sua sobrevivência e evolução. Além disso, estudos em espécies que possuem hábitos mais generalistas, como o *C. aethiops*, tornam-se interessantes para avaliar se espécies que não possuem uma grande especiação alimentar vão ter limiares tão baixos para açúcares como as que possuem, como os frugívoros, por exemplo.

### **3.4 Gênero *Chlorocebus***

#### 3.4.1 Taxonomia

Os macacos verdes africanos (*Chlorocebus*) fazem parte da Superfamília Cercopithecoidea, conhecida como macacos do velho mundo (MVM), e se enquadram na Subfamília Cercopithecinae, ou macacos com bolsa na bochecha (Grubb *et al.*, 2003). Estima-se que houve uma divisão entre MVM e hominídeos (macacos e humanos) que pode variar entre 26,9 e 36,4 milhões de anos atrás (Grubb *et al.*, 2003). Porém, apesar dessa divisão, os representantes da família cercopitecóides são os primatas mais próximos da família hominóide (Steiper e Young, 2006).

Os primatas do Gênero *Chlorocebus*, estavam, anteriormente, incluídos no grupo Etiope, um grupo do Gênero *Cercopithecus* (Dandelot, 1971; Grubb *et al.*, 2003; Colina, 1966; Napier, 1981). Porém, com bases em estudos morfológicos e genéticos recentes, eles foram separados de *Cercopithecus* e incluídos no Gênero *Chlorocebus*, como táxon irmão de Cercopithecidae (Groves, 2001, 2005; Mekonnen *et al.*, 2010a, 2010bb; Perelman *et al.*, 2011; Tosi *et al.*, 2002; Xing *et al.*, 2007).

Apesar da taxonomia desse grupo ainda ser contestada, as descrições taxonômicas de Groves (2001; 2005) parecem ser as que estão mais de acordo com os últimos estudos genéticos e morfológicos, tanto a nível de espécie, como de subespécie. Groves (2001; 2005) reconhece seis espécies (macaco verde - *C.*

*sabaeus*, macaco grivet - *C. aethiops*, macaco dryas - *C. dryas*, macaco tântalo - *C. tântalo*, macaco de fardo - *C. djamdjamensis* e macaco malbrouck - *C. cynosuros*), que também são reconhecidas pela lista vermelha de espécies ameaçadas da IUCN (IUCN, 2024).

Os animais do gênero *Chlorocebus* são de porte médio, onde o macho, adulto, pode chegar a medir 100 a 130 cm, pesando entre 4 e 8 kg. Já as fêmeas, podem atingir entre 95 e 110 cm, pesando entre 3,5 e 5,5 kg (Anapol *et al.*, 2005). Possuem uma pelagem de cor verde-dourada e a face negra, com tufos de pelos brancos. Sua cauda pode atingir 55 cm de comprimento, não sendo preênsil (Rowe, 1996; Turner; Anapol; Jolly, 1997; Anapol *et al.*, 2005).

Os machos deste gênero têm como forte característica sexual o saco escrotal azulado (Figura 3). Muitos primatas do Velho Mundo têm uma coloração de pele facial e sexual marcante (Darwin, 1871). Algumas pesquisas sugerem que sinais visuais coloridos medeiam as interações sociais e sexuais e, potencialmente, afetam a dinâmica, a adesão e a reprodução do grupo (Bradley e Mundy, 2008; Dixon, 1998). Struhsaker (1967), observou em seus estudos que a exibição da coloração do saco escrotal em primatas do Gênero *Chlorocebus* mostrou-se importante durante as interações agressivas, particularmente durante a temporada de acasalamento.

**Figura 3** - Macho de *Chlorocebus sp.*, em destaque, seu saco escrotal em tonalidade azulada.



Fonte: Fabio Olmo, (2013).

### 3.4.2 Distribuição Geográfica e Habitats

Representantes do *Gênero Chlorocebus*, em especial a espécie *Chlorocebus aethiops*, estão entre um dos primatas mais comuns na África subsaariana, do Senegal e Etiópia até o sul da África do Sul (Rowe, 1996) (Figura 4). Os representantes desse gênero são encontrados exclusivamente na África (Page *et al.*, 1999) e têm preferência por áreas de savana e matas ribeirinhas, bem como matagais costeiros, evitando desertos, florestas altas e habitats de pastagens abertas. Buscam áreas sempre próximas a corpos d'água, pois bebem água todos os dias (Skinner, 1990).

**Figura 4** - Mapa de distribuição (linha em vermelho) de *Chlorocebus aethiops* em grande parte do continente Africano.

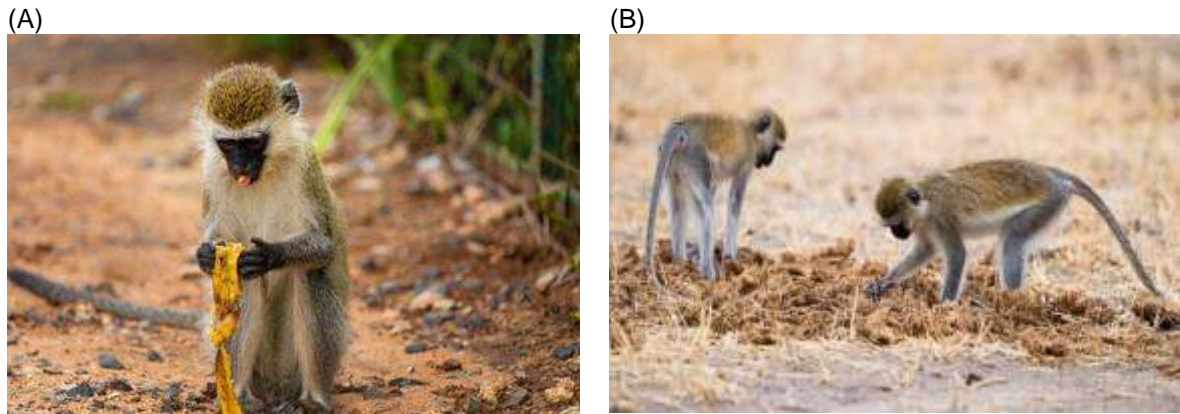


Fonte: Adaptado de Coetzer, (2012).

### 3.4.3 Hábitos Alimentares e Sociais

Esses primatas possuem hábitos alimentares generalistas, sendo considerados animais onívoros oportunistas (Figura 5) (Bernstein, 2010). *Chlorocebus* varia sua dieta para lidar com as flutuações na disponibilidade de alimentos (Bernstein, 2010). Em sua maioria, sua dieta é constituída basicamente de gomas, flores, frutas, folhas, sementes e insetos (Enstam e Isbell, 2007). Sendo onívoros, são capazes de encontrar alimento até mesmo nos ambientes mais pobres (Skinner e Smithers, 1990). O trabalho realizado por Ejigu e Bekele, em 2010, observou alguns indivíduos de *Chlorocebus aethiops* forrageando diversos tipos de restos de alimentos em lixos, buscando principalmente frutas (banana, laranja e manga), porém, também se alimentavam de restos de comidas humanas (cebola e pão).

**Figura 5** - Comportamento alimentar em ambiente natural em *Chlorocebus*, onde em A) macaco verde comendo uma fruta; em B) macacos verdes procurando alimento em fezes de elefante.



Fonte: A) Istock, publicado por Elen Marlen (2022); B) Nature, publicado por Cheryl-Samantha Owen (2016).

Representantes desse gênero costumam viver em grupos e o número de machos para fêmeas dentro do grupo pode variar (Skinner, 1990). Esta flexibilidade dos números, possivelmente relacionada com a dieta alimentar, é um dos aspectos mais interessantes da sua estrutura social (Skinner, 1990). Os grupos familiares podem variar muito de tamanho, de cinco a mais de 70 indivíduos (Skinner, 1990) (Figura 6).

São animais de hábitos crepusculares, ou seja, são mais ativos no amanhecer e no anoitecer (Bernstein, *et al.*, 1978). Além disso, são altamente sociais e muito territoriais, com limites de área de vida bem definidos. Passam boa parte do seu dia buscando alimentos e à noite, buscam abrigos para dormir em árvores ou em penhascos se não houver cobertura arbórea suficiente (Coetzer, 2012).

**Figura 6** - Grupo familiar de *Chlorocebus sp.*



Fonte: Getty Images/iStockphoto. Publicado por Borchee (2020).

## 4 Material e Métodos

### 4.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Centro Nacional de Primatas - CENP, no período de outubro de 2023 a maio de 2024. O CENP possui uma área de 25 ha e fica localizado no Km 7 da Rodovia BR 316, município de Ananindeua, Estado do Pará (Figura 7). O município situa-se a uma latitude  $01^{\circ}21'56''$  ao sul e a uma longitude  $48^{\circ}22'20''$  a oeste. O clima da região é tropical, úmido, com temperatura média em torno de  $25^{\circ}\text{C}$  (Cardoso *et al.*, 2021). A pluviosidade média encontra-se entre 2.250 e 2.500 mm anuais, com chuvas regulares, sendo a maior concentração de janeiro a junho (Cardoso *et al.*, 2021).

**Figura 7** - Área do Instituto Evandro Chagas, em destaque a localização do Centro Nacional de Primatas.



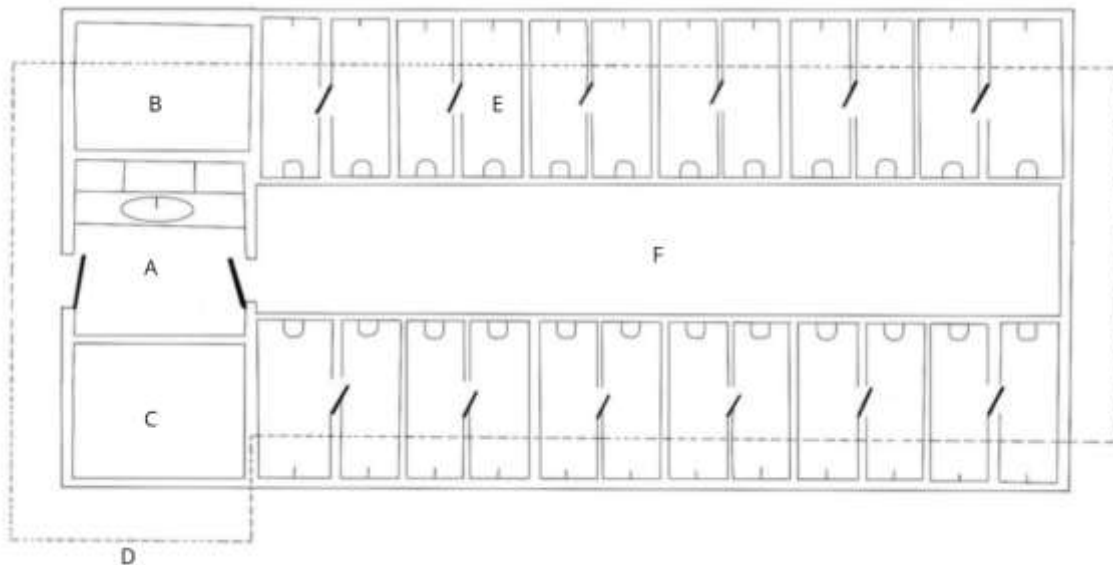
Fonte: O autor (2024).

## 4.2 Animais

O experimento foi realizado no galpão de reprodução número 3 do CENP, com quatro espécimes adultos de macacos verdes africanos (*Chlorocebus aethiops*), sendo dois machos (M1 e M2) e duas fêmeas (F1 e F2). Os animais pertencem ao setor de reprodução animal do CENP, um galpão com 24 recintos que abriga cerca de 59 animais do Gênero *Chlorocebus*, distribuídos em grupos familiares de 6 a 11 indivíduos, sendo 1 macho para cada grupo de fêmeas e suas proles.

Os recintos possuem o tamanho de 3,85m de comprimento, 2,60m de largura e 2,50m de altura. São de alvenaria, ambientados com troncos, plataformas de madeiras e mangueiras de bombeiro, garantindo assim um certo nível de bem-estar dos animais. O recinto é duplo, separado por uma parede de concreto com uma porta deslizando no meio, para necessidade de testes individuais com os animais (Figura 8).

**Figura 8** - Representação do galpão de reprodução em que estavam alocados os grupos familiares de *Chlorocebus aethiops*. A letra (A) representa a anti-sala que permite o acesso à entrada principal do corredor de recintos. Em (B) podemos observar a sala dos técnicos e tratadores do galpão. Em (C), área com uma pequena copa e armários para material de limpeza. Em (D) observamos em linhas pontilhadas a representação do telhado do galpão. Nota-se que uma parte do recinto não possui totalmente essa cobertura, permitindo a passagem de luz solar. Em (E) estão os recintos onde ficam alocados os grupos familiares de *Chlorocebus aethiops*. Em (F) observa-se o corredor de acesso a todos os viveiros do galpão.



Fonte: Adaptado de Silva (2008).

Cada espécime participante do experimento passou por um período de treinamento (piloto), que durou duas semanas. Esse período foi importante para os animais se habituarem com o pesquisador e com a dinâmica do experimento, visando assim manter o maior nível de bem-estar animal. Eles foram alimentados uma vez ao dia (manhã) com frutas (melão - *Cucumis melo L*, melancia - *Citrullus lanatus*, abacaxi - *Ananas comosus* e banana - *Musa spp.*), verduras (beterraba - *Beta vulgaris L*, feijão verde - *Vigna unguiculata*, abóbora - *Cucurbita pepo L*. e batata-doce - *Ipomoea batatas*) e ração peletizada da Megazoo específica para primatas onívoros. A divisão da dieta diária desses animais é de 70 a 80% de frutas e verduras e de 20 a 30% de ração para primatas.

Como uma forma de Enriquecimento Ambiental, duas vezes por semana (terça e quinta) foi disponibilizado suco de fruta para todos os primatas do setor de reprodução, além de ovos de codorna (*Nothura maculosa*), bolinhos de ração e tenébrios (*Tenebrio molitor*). Para seguir a rotina do galpão e não interferir no experimento e na rotina de bem-estar, os testes aconteceram três vezes na semana

(segunda, quarta e sexta), pelo período vespertino, sendo repetido quatro vezes no mesmo dia, com intervalos de 20 minutos entre repetições.

### **4.3 Procedimentos**

Para garantir que a rotina alimentar e hídrica não interferisse no experimento, os animais foram privados de frutas e água por sete horas (07h - 14h), ficando apenas a ração para primatas disponível a vontade. Este procedimento foi adotado ao notar que nos testes-pilotos os animais se mostravam menos interessados em ingerir o líquido disposto nas garrafas quando tinham frutas à vontade, pois algumas frutas contidas em sua alimentação são ricas em água, como a melancia, saciando assim os indivíduos do experimento.

No experimento, os primatas tiveram 2 minutos para escolher entre duas garrafas de biotério de 250 ml, onde uma das garrafas foi preenchida com água filtrada e a outra com concentrações pré-definidas, descritas a seguir, de dois tipos de açúcares dissolvidos na água: sacarose e glicose. Foram feitas 10 repetições para cada concentração em milimolar (mM), seguindo a metodologia já estabelecida por Laska (1994; 2000) e Norlén et al (2018).

Cada açúcar foi utilizado em momentos distintos. As garrafas de água de filtrada e de açúcar foram disponibilizadas simultaneamente e retiradas após dois minutos. Posteriormente, o restante do líquido deixado nas garrafas era medido com o auxílio de uma proveta e anotado em uma tabela controle.

Para cada uma das duas substâncias, o teste começou em uma concentração de 100mM e seguiu nas seguintes concentrações (50, 30, 20mM, etc), até que os animais não demonstrassem uma preferência significativa entre uma e outra garrafa. Para garantir que os animais tivessem uma maior motivação, os testes foram realizados seguindo um padrão pseudoaleatório, onde as concentrações mais altas e, portanto, mais facilmente perceptíveis e atraentes de açúcares foram alternadas com concentrações baixas e, portanto, menos atraentes, garantindo assim a cooperação e a motivação dos primatas durante todo o experimento. A ordem dos açúcares testados foi (1) Sacarose e (2) Glicose.

### **4.4 Análise de dados**

Para cada animal, a quantidade de líquido consumido de cada garrafa foi registrada e somada para as 10 tentativas de teste e os resultados foram convertidas em porcentagens (em relação à quantidade total de líquido consumido de ambas as garrafas) e para critério de preferência, foi utilizado 66,6% (ou seja, 2/3 da quantidade total de líquido consumido). Já para critério de aleatoriedade (ou seja, se o animal escolheu de forma aleatória as garrafas), adotou-se 50%. Essa mesma porcentagem foi utilizada para critério com outras espécies de primatas em experimentos semelhantes (Laska, 1996; Laska, 1997; Laska, 1998; Laska, 1999; Laska, 2000; Norlén *et al.*, 2018).

Tendo em vista as análises, primeiramente foram elaborados três gráficos (sacarose, glicose e um gráfico comparativo dos dois açúcares) e posteriormente dois testes estatísticos foram aplicados para fins de confiabilidade dos dados e para atestar se houve ou não diferenças significativas entre o resultado para cada açúcar.

As análises estatísticas utilizadas foram o teste ANOVA de uma via e uma Análise de Correlação de Pearson ( $r$ ). O teste ANOVA é um método estatístico utilizado para determinar se há variações significativas entre as médias de três ou mais grupos independentes, sendo essa diferença significativa determinada pelo valor de  $P$  ( $p < 0,05$ ). Esse teste determinou se existe ou não diferenças significativas entre as concentrações utilizadas (100, 50, 30, 20 e 10mM). Após a execução da ANOVA, foi realizado um teste a posteriori (teste de Tukey) para avaliar quais concentrações responsáveis pelas possíveis diferenças estatísticas significativas da Análise de Variância. Já o teste de Pearson  $r$  determinou o grau de associação entre as duas variáveis. Esse teste avaliou se existe alguma diferença significativa entre os dois açúcares testados. Todas as análises foram realizadas no programa GraphPad Prism 8.0.2.

#### **4.5 Comitê de Ética no Uso de Animais**

Este trabalho está de acordo com a legislação brasileira e seguiu todos os protocolos de ética necessários para o bem-estar animal, conforme aprovado pelo comitê de ética do Instituto Evandro Chagas - IEC/Centro Nacional de Primatas - CENP, sob o certificado número 19/2023 (apêndice I), onde encontra-se de acordo

com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº6.899, de 15 de julho de 2009.

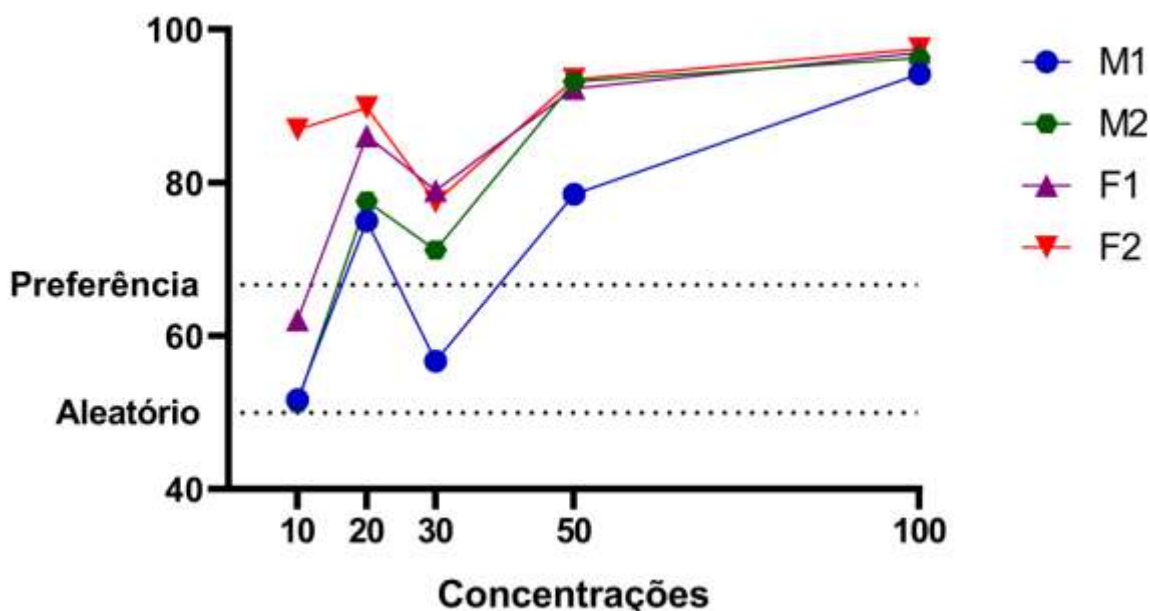
Todos os animais participantes deste estudo recebiam constantemente acompanhamento veterinário do médico veterinário responsável José Augusto Pereira Carneiro Muniz.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Sacarose

Os dados obtidos através do teste de duas garrafas, uma contendo água filtrada e outra sacarose, mostrou a preferência de *Chlorocebus aethiops* pela sacarose, atestando, assim, a sensibilidade desses primatas para esse açúcar. O limiar de sensibilidade gustativa encontrado após os testes foi de, aproximadamente, de 20mM. A preferência por sacarose se deu principalmente em concentrações mais altas (Figura 9).

**Figura 9** - Resposta gustativa dos quatro indivíduos de *Chlorocebus aethiops* a soluções aquosas de sacarose em testadas em comparação com água. Cada ponto de dados representa o valor médio de 10 testes para cada concentração (100, 50, 20, 30, 20 e 10 mM) em intervalos de 2 minutos por animal.



Nas duas concentrações mais altas, de 50mM e 100mM, houve a preferência absoluta por sacarose (89,37% e 96,25%, respectivamente), significando que os animais perceberam e escolheram a água com açúcar. Apesar de haver uma redução entre 100mM e 50mM, esta redução não é significativa, segundo o teste estatístico ANOVA ( $p > 0,05$ ). Estes valores estão bem acima dos limiares de preferência (66,7%) e de aleatoriedade (50%), marcados no gráfico acima. A proximidade ou distância

desses limiares indica se o animal percebeu o composto na garrafa e o escolheu ao invés da água pura. Os valores para cada limiar foram estabelecidos por Laska e colaboradores (1994). Esses valores foram testados e são utilizados em diversos trabalhos (Laska, 1996; Laska, 1997; Laska, 1998; Laska, 1999; Laska, 2000; Norlén *et al.*, 2018).

A preferência por concentrações mais altas de sacarose é vista em diversos outros trabalhos de limiares gustativos com primatas. Laska (2000; 1996), realizou estudos com os primatas *Macaca nemestrina* e *Ateles geoffroyi*, respectivamente, apresentando resultados semelhantes com este estudo, onde os animais demonstraram preferência por concentrações mais altas (400, 200, 100 e 50mM), sugerindo assim que a preferência por concentrações mais altas se baseia, de fato, na percepção do sabor.

Nas concentrações mais baixas, 30 e 20mM, houve uma proximidade maior aos limiares de preferência, sendo a porcentagem média do consumo das garrafas com açúcar 71,1% e 82,12%, respectivamente. Esses valores indicam que, apesar de uma maior proximidade com o limiar de preferência, as duas concentrações ainda se mostram perceptíveis para os primatas e a preferência ainda é clara. Porém, estatisticamente uma diferença entre 30mM e 20mM, não foi significativa (ANOVA,  $p>0,05$ ).

Na concentração de 10mM, houve uma redução na quantidade de água bebida na garrafa contendo açúcar. Devido a essa redução, a porcentagem média do consumo desta garrafa (63%), se encontra um pouco abaixo do limiar de preferência. Com isso, o consumo se aproximou do limiar de aleatoriedade, demonstrando uma possibilidade de que alguns animais não estivessem mais identificando o açúcar, escolhendo, assim, as garrafas de forma aleatória. Porém, quando essa concentração é comparada às outras duas acima, não houve diferença significativa (ANOVA,  $p>0,05$ ).

Um resultado semelhante foi observado no trabalho de Laska (2000) onde as concentrações mais baixas apresentadas a *Macaca nemestrina* não obtiveram uma preferência significativa e o limiar de percepção gustativa dessa espécie para sacarose foi de 10mM. Seres humanos (*Homo sapiens*) também apresentaram um limiar idêntico para sacarose (10mM) (ASTM, 1973).

Norlén *et al.*, (2018), testou o limiar de preferência para sacarose em chimpanzé-oriental (*Pan troglodytes verus*), sendo este um primata do velho mundo considerado uma espécie de hábitos alimentares frugívoros e especialista em frutas maduras (Milton, 1999; Pruetz, 2006). Os limiares de preferência de *P. troglodytes verus* foi de 20mM, sendo este o mesmo limiar encontrado para *C. aethiops*.

Laska (1999) também definiu o limiar de preferência para babuíno-sagrado (*Papio hamadryas anubis*), onde o resultado para sacarose foi de 10mM, sendo um resultado relativamente próximo ao limiar encontrado neste trabalho. Esse resultado é interessante pois ambas as espécies, *P. hamadryas anubis* e *C. aethiops*, pertencem à mesma família (Cercopithecidae). Além disso, ambos têm os mesmos hábitos alimentares, sendo considerados generalistas, ou seja, possuindo uma extraordinária amplitude em sua dieta (Post, 1982; Norton *et al.*, 1987; Barton *et al.*, 1993). Apesar disso, *P. hamadryas anubis* possui um limiar de preferência para sacarose menor que *C. aethiops*, sendo a sacarose mais perceptível para essa espécie.

Por outro lado, quando comparamos o limiar de preferência de *Chlorocebus aethiops* com um primata do novo mundo e com hábitos alimentares diferentes, a diferença se mostra mais significativa. Laska (1996), realizou um estudo com macaco-aranha (*Ateles geoffroyi*), um primata do novo mundo com hábitos frugívoros. Neste estudo, foi feito o limiar gustativo para cinco açúcares diferentes, incluindo a sacarose. O limiar gustativo de *A. geoffroyi* para Sacarose foi de 3mM, sendo a sacarose muito mais perceptível para essa espécie do que para *Chlorocebus aethiops*.

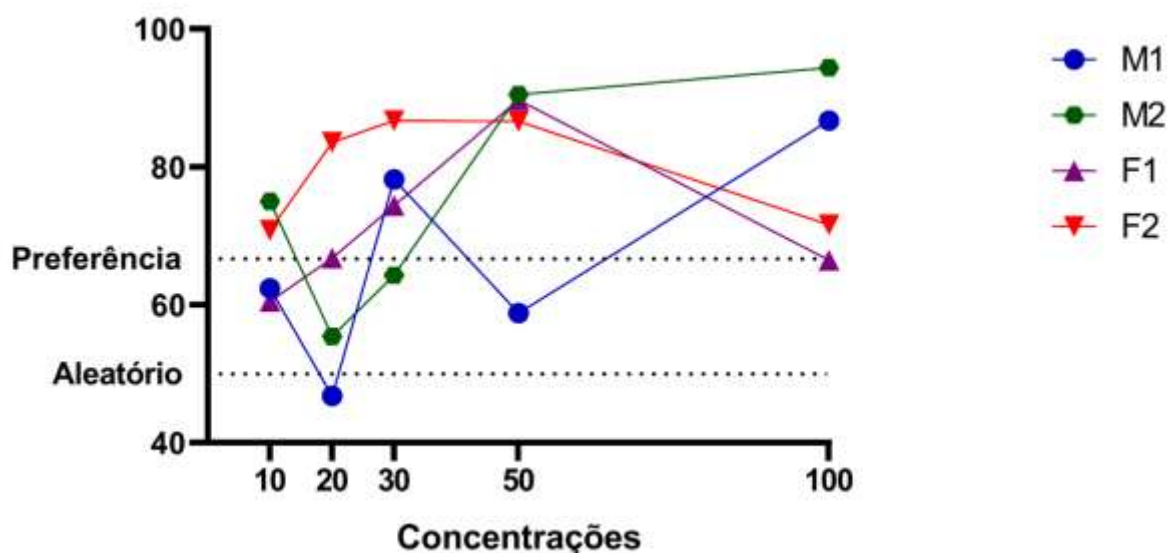
Montaña *et al.*, (2023), definiram o limiar de preferência de sacarose para parauacu de cara branca (*Pithecia pithecia*), um primata do novo mundo conhecido por incluir em sua alimentação grandes quantidades frutas, sendo considerados primatas frugívoros (Veiga, 2013). O limiar estabelecido para essa espécie foi de 10mM para sacarose, menor do que o estabelecido para *C. aethiops*, sendo a sacarose mais perceptível para *P. pithecia*.

Apenas os pares de concentrações 100 vs 10, 100 vs 30 e 50 vs 10, apresentaram diferenças estatísticas significativas (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Isso demonstra que apesar da redução gradual na preferência entre duas concentrações consecutivas, uma alteração maior na concentração altera drasticamente a preferência.

## 5.2 Glicose

Os dados obtidos através do teste de duas garrafas, uma contendo água filtrada e outra glicose, mostrou a preferência de *Chlorocebus aethiops* por glicose ao invés de água filtrada, atestando, assim, a sensibilidade desses primatas para esse açúcar. O limiar de preferência gustativa mostrado após os testes foi de aproximadamente 30mM. A preferência se deu, então, em concentrações mais altas (Figura 10).

**Figura 10** - Resposta gustativa dos quatro indivíduos de *Chlorocebus aethiops* a soluções aquosas de glicose em testadas em comparação com água. Cada ponto de dados representa o valor médio de 10 testes para cada concentração (100, 50, 20, 30, 20 e 10 mM) em intervalos de 2 minutos por animal.



De acordo com a ANOVA, não houve diferença significativa entre nenhuma das concentrações ( $p>0,05$ ). Alguns indivíduos isolados apresentaram valores de limiar de preferência ligeiramente mais baixos que os demais, porém houve poucos casos de preferência pelas concentrações mais baixas. Essa queda de preferência nas concentrações mais baixas foi observada por Montaña *et al.*, (2023) em um estudo

realizado com parauacu de cara branca (*Pithecia pithecia*), onde os animais testados não demonstraram preferência significativa por concentrações mais baixas, preferindo também as maiores concentrações.

O limiar de preferência gustativa para glicose do parauacu de cara branca foi entre 20 e 30mM (Montaña *et al.*, 2023). Esse limiar é similar ao encontrado para *Chlorocebus aethiops*. Essa similaridade entre as espécies é interessante, pois ambos apresentam hábitos alimentares diferentes, sendo os parauacu de cara branca considerados animais frugívoros (Norconk, 2013), e *Chlorocebus aethiops* uma espécie generalista/oportunista (Bernstein, 2010). Os Trabalhos realizados por Laska *et al.*, (2000; 1996), também corroboram com resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, onde os limiares de preferência para glicose foram de 20mM tanto para *Macaca nemestrina* quanto para *Ateles geoffrey*.

Laska (1999), determinou o limiar de preferência para glicose em babuíno-sagrado (*Papio hamadryas anubis*), sendo este um primata do velho mundo e com proximidade filogenética com *C. aethiops*. O limiar de preferência para glicose em *P. hamadryas anubis* foi de 25mM, muito próximo do limiar de preferência obtido neste estudo. O trabalho de Norlén *et al.*, (2018) foi realizado com chimpanzé-oriental (*Pan troglodytes verus*) e determinou o limiar de preferência para glicose de 80mM para esta espécie. Esse limiar de preferência para glicose é idêntico ao encontrado para o ser humano (*Homo sapiens*) (ASTM, 1973). Esses limites são superiores aos encontrados neste estudo, sendo a glicose mais perceptível para *C. aethiops*.

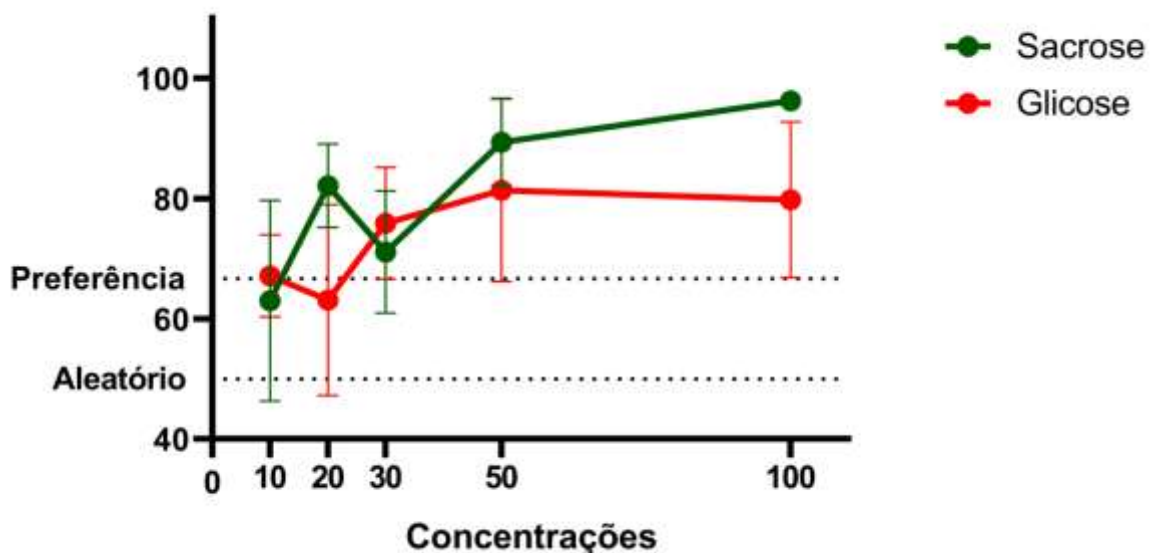
### **5.3 Diferenças entre o consumo de sacarose e glicose.**

Nas figuras 9 e 10 é possível observar que, durante os experimentos com sacarose, o consumo dos animais foi mais uniforme. O consumo de água contendo glicose, por sua vez, variou muito entre os animais. Essa diferença na coesão entre o consumo dos dois açúcares pode ser vista através dos desvios padrões (DP) dos dados, representados no gráfico da figura 11. Enquanto o consumo de sacarose possuiu DP baixa (1,5) na concentração de 100mM, o consumo de glicose apresentou DPs a partir de 6,9 (em 10mM).

Partindo desse DP mais elevado, a variação individual no consumo da glicose faz com que este conjunto de dados atinja DPs de 13, 15,2 e 15,9 (100, 50 e 20mM,

respectivamente), que consideramos muito expressivos. Apesar do consumo da sacarose apresentar um DP ainda maiores (16,7 em 10mM), as demais concentrações apresentaram DPs medianos e inferiores aos da sacarose. Vale ressaltar que os DPs encontrados para os dois açúcares não possuem correlação entre si segundo o teste de Spearman ( $r = -0,7369$  e  $p = 0,1555$ ).

**Figura 11** - Comparação gustativa dos quatro indivíduos de *Chlorocebus aethiops* a soluções aquosas de sacarose e glicose. Cada ponto de dados representa o valor médio ( $\pm$  DP) de 10 testes de 2 minutos por animal.



Fonte: O autor (2024)

Esses DPs elevados encontrados principalmente no consumo da glicose podem ter prejudicado a certeza estatística obtida pelo teste ANOVA. Este efeito pode ter feito com que, apesar de percebermos uma redução no consumo, esta não foi matematicamente significativa. Ainda sobre a variação individual no consumo, podemos perceber que apesar de pouco coesas, as curvas de consumo dos animais possuem uma semelhança entre machos e fêmeas.

De acordo com o teste Pearson  $r$ , não houve correlação estatística entre os dois açúcares ( $p 0,3262$ ). Porém, apesar deste resultado estatístico, fica evidente que, para ambos os açúcares, o consumo variou de forma parecida, sendo maior nas concentrações 50 e 100mM e caindo a partir delas. Apesar do padrão da curva ser semelhante, a percepção de *C. aethiops* foi maior com a sacarose, visto que seu limiar

é próximo de 20mM, enquanto o da glicose é maior - próximo de 30mM. Além disso, a porcentagem de consumo das garrafinhas com sacarose também foi maior, ficando acima das garrafas com glicose em 3 das concentrações testadas (100, 50 e 20mM) e muito próxima nas demais (30 e 10mM). O gráfico abaixo mostra esses dados.

Dos sacarídeos associados a alimentos naturais, a sacarose é a que possui maior detectabilidade gustativa entre em primatas humanos e não humanos (Glaser, 1986; Laska, 1996; Laska, 1996; Laska, 1999). Portanto, não surpreende a maior sensibilidade encontrada neste estudo de *C. aethiops* por sacarose em contraponto à glicose. Esse padrão é o mesmo encontrado em trabalhos com parauacu de cara branca (Montaña *et al.*, 2023), macacos-aranha (Laska, 1998) e em humanos (Pfaffmann *et al.*, 1971) que demonstraram preferir a sacarose em vez de (ou percebê-la como mais doce do que) concentrações equimolares de outros sacarídeos associados a alimentos (Laska, 2000). Babuíños-sagrados (*Papio hamadryas anubis*) tiveram preferência por sacarose, em comparação com outros açúcares (Laska, 1999), sendo essa uma espécie de hábitos generalistas e se alimentando com menos frequência de frutas, assim como *C. aethiops*.

No trabalho de Laska (2000) com *M. nemestrina*, os limiares de sacarose e maltose foram os mesmos (10mM), sendo este um dos primeiros primatas testados, até o momento, cujo valor de limiar de preferência gustativa para a maltose é tão baixo quanto o da sacarose. Foi levantada a hipótese que essa preferência se dá, pois, roedores, e possivelmente também alguns grupos de primatas, podem ter um receptor gustativo adicional para polissacarídeos derivados de amido que também respondem à maltose, o componente dissacarídeo do amido, mas não à sacarose (Bachmanov e Beauchamp, 2007).

#### **5.4 Preferência e sensibilidade de *C. aethiops* por glicose e sacarose**

Os sacarídeos utilizados neste estudo são conhecidos por suas diferenças estimulantes, ou seja, alguns deles (por exemplo, sacarose) são percebidos pelos humanos como mais doces do que outros (por exemplo, lactose) quando apresentados em concentrações equimolares (Pfaffmann *et al.*, 1971). Diferenças na afinidade do ligante para o receptor de sabor doce de mamíferos foram identificadas como o mecanismo molecular subjacente deste fenômeno (Chandrashekar *et al.*,

2006). Portanto, é comumente aceito que as diferenças na atratividade das substâncias com sabor doce refletem diferenças na eficiência estimulante. Esta noção é apoiada por achados eletrofisiológicos em primatas não humanos como, por exemplo, em chimpanzés (Scott *et al.*, 1991; Plata-Salaman *et al.*, 1993; Hellekant *et al.*, 1997).

Laska (2000) corrobora com essa afirmação, citando que, provavelmente, a sacarose possui um estímulo comportamental mais forte que a glicose, frutose e a lactose. Este trabalho está de acordo com a afirmação do presente estudo, visto que a sacarose provocou uma maior preferência em relação a glicose, sendo este comportamento observado em todos os quatro indivíduos testados de *C. aethiops*. Apesar de ter uma alimentação generalista em vida livre, *C. aethiops* tem uma preferência por se alimentar de partes de plantas. De acordo com um estudo realizado por Alelign, Meheretu e Moges (2023), em uma floresta do norte da Etiópia, constatou-se que no período seco, grupos familiares de *C. aethiops* alimentavam-se quase que exclusivamente de sementes de diferentes plantas (42,6%), seguido de folhas (34,5%).

Um estudo realizado por Clippel *et al.*, (2008) constatou que a sacarose está presente em maior concentração em plantas tropicais, seguido da frutose com valores intermediários e da glicose com baixas concentrações. Sacarose, frutose e glicose são os sacarídeos quantitativamente predominantes em frutas tropicais e podem representar mais de 90% do teor total de açúcar (Nagy e Shaw, 1980). Assim, estes sacarídeos devem contribuir substancialmente para a sensação gustativa em *C. aethiops* enquanto se alimentam de sementes, folhas e frutas. Isto, por sua vez, apoia a noção de que *C. aethiops* pode de fato usar a doçura das frutas como critério de seleção, assim como outros primatas (Laska, 2000)

O açúcar desempenha um papel crucial na alimentação dos primatas, sendo uma importante fonte de energia devido à alta demanda metabólica desses animais (Rothman; Vogel; Blumenthal, 2013). Grande parte dos animais, incluindo algumas espécies de primatas, estão sempre em busca de fontes de alimentos ricos em energia, como é o caso do açúcar. Essa busca por alimentos com altos níveis energéticos estão dentro do modelo de forrageamento ótimo, onde os animais otimizam suas estratégias de alimentação para maximizar a eficiência energética (Rothman; Vogel; Blumenthal, 2013).

Os animais buscam pelo melhor custo-benefício entre o tempo e a energia gastos na busca e captura de alimentos, assim como a energia adquirida ao consumir estes alimentos (Schoener, 1971). Este modelo ajuda a explicar os dados encontrados no presente estudo e nos demais citados com outros primatas. Podemos realizar esta afirmação uma vez que as garrafas com sacarídeos sempre foram escolhidas em detrimento das que continham água filtrada. A partir de todos esses dados podemos sugerir que esta preferência não difere da encontrada em vida livre, onde a busca por alimentos com maiores fontes de energia, como alimentos ricos em açúcar, seria priorizada.

### **5.5 Diferenças da alimentação em vida livre e em cativeiro.**

Como dito anteriormente, a alimentação de *C. aethiops* em vida livre é generalista (Bernstein *et al.*, 2010), podendo se alimentar desde partes de plantas há restos de alimentos humanos encontrados em lixeiras próximo de áreas mais urbanizadas (Ejigu e Bekele, 2010). Porém, diferente da sua alimentação em vida livre que é uma alimentação pobre em frutas, no Centro Nacional de Primatas, os *C. aethiops* recebem uma dieta rica em frutas e verduras (entre 70 e 80%) e ração para primatas (entre 30 e 20%). Além disso, duas vezes por semana os animais recebem suco de frutas, com adição de açúcar, tornando assim ainda maior o consumo de líquidos e sacarídeos.

Durante o experimento piloto, os animais demonstraram pouco ou nenhum interesse por consumir os líquidos das garrafinhas, fossem puros ou com os açúcares. Esse grande consumo de frutas em sua alimentação em cativeiro foi, provavelmente, o principal motivo para este fenômeno. Algumas frutas contidas em sua alimentação são ricas em água, assim como a melancia; e após sua ingestão os animais teriam baixa motivação para participar do experimento. Esta observação difere dos trabalhos feitos por Laska (2000; 1998), onde frutas frescas e vegetais eram deixados *Ad Libitum* para os animais na noite anterior ao experimento e era feita apenas a privação hídrica. De acordo com o autor desses trabalhos, a oferta livre dos alimentos não deveria trazer modificações na motivação dos animais em consumir o líquido nas garrafas. No nosso estudo, porém, foi necessário que os animais permanecessem apenas com a ração *Ad Libitum* para que participassem dos experimentos.

Calvert (1985), observou que existe diferença na composição de frutas selvagens, relatando que estas são mais ricas em fibras e com menos açúcar do que as comerciais. Isso ocorre pois os cultivos têm o objetivo de atender as necessidades humanas (Taveira e Matos, 2010). Portanto, não foi possível encontrar na literatura dados sobre outros tipos de influência do alto consumo cotidiano de açúcar na preferência e na sensibilidade encontrados, porém, supõe-se que esse aumento de açúcar em frutas comerciais pode sim influenciar na preferência alimentar de *C. aethiops*, mas dificilmente afetaria a sua sensibilidade gustativa.

## 5.6 Comparação do limiar de *C. aethiops* com outras espécies de primatas

Os limiares de preferência de sabor para *C. aethiops* estão dentro do esperado para primatas. Quando comparado a outros primatas do velho mundo, encontra-se muito próximo dos limiares de *M. nemestrina* (Laska, 2000) e *P. hamadryas anubis* (Laska, 1999), como pode ser observado na tabela abaixo.

**Tabela 1** - Limiar de sensibilidade de algumas espécies de primatas do Velho Mundo e o ser humano.

ESPÉCIE	SACAROSE	GLICOSE	REFERÊNCIA
<i>Chlorocebus aethiops</i>	20	30	Presente estudo
<i>M. nemestrina</i>	10	20	Laska, 2000
<i>P. hamadryas anubis</i>	10	25	Laska, 1999
<i>M. mulatta</i>	6	-	Glaser, 1986
<i>M. fascicularis</i>	30	-	Pritchard, 1994
<i>Cercopithecus pygerythrus</i>	11	-	Glaser, 1986
<i>Homo sapiens</i>	10	80	ASTM, 1973

**Fonte:** Adaptado de Laska (2000)

Essa proximidade nos valores de limiar de sensibilidade se dá, em parte, pelos hábitos alimentares semelhantes dessas espécies, uma vez que *P. hamadryas anubis*

e *M. nemestrina* possuem hábitos alimentares generalistas (Laska, 1999; 2000). Outro ponto interessante é a proximidade filogenética delas. Estas três espécies pertencem à subfamília Cercopithecinae (Groves, 2005), o que pode influenciar na proximidade dos seus limiares de sensibilidade, para ambos os açúcares.

Os limiares de sensibilidade gustativa de *C. aethiops* também foram considerados muito próximos aos limiares de detecção estabelecidos para humanos (ASTM, 1973). Isso se mostra muito interessante, pois os limiares de detecção para humanos são feitos utilizando métodos de detecção mais sofisticados, enquanto o teste de duas garrafas usado neste estudo fornece apenas uma aproximação conservadora dos limites de capacidade gustativa de uma espécie (Laska, 2000). Isso sugere que os limiares de *C. aethiops* podem ser mais baixos do que os estabelecidos para seres humanos.

Quando comparado a primatas do novo mundo, com hábitos alimentares mais especializados, *C. aethiops* mantém seus limiares de sensibilidade próximos ou até mais baixos que algumas espécies (Tabela 2).

**Tabela 2.** Limiar de sensibilidade de algumas espécies de primatas do Novo Mundo.

ESPÉCIE	SACAROSE	GLICOSE	REFERÊNCIA
<i>Chlorocebus aethiops</i>	20	30	Presente estudo
<i>Pithecia pithecia</i>	10	20-30	Montaña, 2023
<i>A. geoffroyi</i>	3	20	Laska, 1999
<i>Saguinus midas niger</i>	66	330	Glaser, 1986
<i>Cebuella pygmaea</i>	33	100	Pritchard, 1994
<i>Callithrix jacchus</i>	25	-	Glaser, 1986

**Fonte:** Adaptado de Laska (2000).

A maioria dos primatas na tabela 2 possui hábitos alimentares frugívoros, como é o caso de *Pithecia pithecia* (Montaña *et al.*, 2023) e *A. geoffroyi* (Laska, 1996). Mesmo com hábitos alimentares generalistas, e com baixa ingestão de frutas em sua dieta, *C. aethiops* ainda se aproxima dos limiares de ambas as espécies. Porém, *A.*

*geoffroyi* possui um dos limiares para sacarose mais baixos registrados até o agora (Laska, 1996). Essa maior percepção se dá, provavelmente, pelo hábito alimentar de *A. geoffroyi* e de *P. pithecia*, uma vez que, os frutos contêm normalmente uma variedade de hidratos de carbono solúveis (Kinghorn e Soejarto, 1986). Embora a sacarose, juntamente com os seus componentes monossacarídeos frutose e glicose, seja quantitativamente predominante na maioria dos casos e possa representar mais de 90% do teor total de açúcar (Nagy e Shaw, 1980).

Portanto, o hábito alimentar frugívoro dos primatas parece dar a eles uma maior sensibilidade gustativa para sacarídeos, porém, *C. aethiops* manteve-se próximo dos limiares encontrados para primatas do novo mundo, sugerindo assim, que ou essas são características conservadas entre todos os primatas, não só apenas representantes do novo mundo; ou a dieta rica em frutas ingerida por primatas em cativeiro altera a percepção que estes têm da doçura do alimento.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que *Chlorocebus aethiops* demonstrou preferência por sacarose e glicose ao invés de água filtrada, com limiares de percepção gustativa de 20mM e 30mM para estes açúcares, respectivamente. Porém, apesar de tais resultados, entende-se que o n amostral deste estudo foi pequeno, necessitando assim de mais trabalhos com outros indivíduos da espécie para um resultado mais confiável. Apesar disso, notou-se com os resultados desta pesquisa que a preferência pode ser particularmente relevante para espécies com hábitos alimentares generalistas, como *C. aethiops*, que busca fontes alimentares ricas em energia, o que reflete estratégias naturais de forrageamento.

Os dados também sugerem que, apesar de pequenas variações interindividuais entre os animais, há uma tendência consistente de maior consumo de líquidos com sacarose em comparação com glicose, reforçando a hipótese de que a sacarose é percebida como mais doce e atraente, o que está de acordo com os limiares gustativos estabelecidos em outros primatas, incluindo os seres humanos.

Esses achados fornecem contribuições para o entendimento do comportamento alimentar de *C. aethiops*, reforçando a importância de fornecer dietas adequadas e ajustadas às necessidades energéticas em ambientes de cativeiro. Por fim, as semelhanças entre os limiares de sensibilidade de *C. aethiops* e outras espécies de primatas, incluindo os seres humanos, mostra que o estudo dos açúcares pode ser uma ferramenta valiosa para compreender a evolução dos mecanismos gustativos em primatas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALELIGN, A; MEHERETU, Y; MOGES, E. Feeding Habits and Activity Patterns of Grivet Monkey (*Chlorocebus aethiops* L.) in Batiero Church Forest, Northern Ethiopia. **International Journal of Zoology**, v. 2023, p. 1–7, 13 maio 2023.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Compilation of odor and taste threshold values data**. Data Series DS 48. Philadelphia: ASTM, 1973.

ANAPOL, F. E. A. Comparative Postcranial Body Shape and Locomotion in *Chlorocebus aethiops* and *Cercopithecus mitis*. **American Journal of Physical Anthropology**, n. 127, p. 231–239, 2005.

ANTINUCCI, M.; RISSO, D. A matter of taste: lineage-specific loss of function of taste receptor genes in vertebrates. **Frontiers in Molecular Biosciences**, 1994; 4: 81.

BACHMANOV, A. A.; BEAUCHAMP, G. K. Taste receptor genes. **Annual Review of Nutrition**, v. 27, p. 389–414, 2007.

BARTON, R. A.; WHITEN, A.; BYRNE, R. W.; ENGLISH, M. Chemical composition of baboon plant foods: Implications for the interpretation of intra- and interspecific differences in diet. **Folia Primatologica**, v. 61, p. 1-20, 1993.

BEAUCHAMP, G. K.; JIANG, P. Comparative biology of taste: insights into mechanism and function. **Flavour**, 2015; 4: 9.

BEIGNON, A. S.; LE GRAND, R.; CHAPON, C. In vivo imaging in NHP models of malaria: challenges, progress and outlooks. **Parasitology International**, 2014 Feb;63(1):206-15.

BERNSTEIN, P. L.; SMITH, W. J. KRENSKY, A.; ROSENE, K. Tail positions of *Cercopithecus aethiops*. **Zeitschrift für Tierpsychologie**, Vol.46, no.3, pp. 268–278, 2010.

BRADLEY, B. J.; MUNDY, N. I. The primate palette: the evolution of primate coloration. **Evolutionary Anthropology**, v. 17, p. 97-111 ,2008.

BROUWER, M.; VENNEMANN, E.; MEYERHOF, W.; KOLDEN, A.; DOHNALOVÁ, L.; HOFER, C.; KENNEDY, J. Neuroscience of taste: unlocking the human taste code. **BMC Neuroscience**, Londres, v. 25, n. 1, p. 1-38, 2024.

CALVERT, J. J. Food selection by western gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*) in relation to food chemistry. **Oecologia**, v. 65, p. 236-246, 1985.

CARDOSO, D. DE L. et al. Perfil hematológico e bioquímico de primatas não humanos (*Callithrix penicillata*) cativos no Centro Nacional de Primatas no Estado do Pará. **Biotemas**, v. 34, n. 4, p. 1–9, 1 dez. 2021.

CENTRO NACIONAL DE PRIMATAS. **Relatório de Gestão Técnica**. 2017.

CHANDRASHEKAR, J.; HOON, M. A.; RYBA, N. J. P.; ZUKER, C. S. The receptors and cells for mammalian taste. **Nature**, v. 444, p. 288–294, 2006.

CLIPPEL, J. K. Análise química em órgãos de reserva de algumas herbáceas e arbóreas ocorrentes na flora do Espírito Santo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 1057–1067, 1 dez. 2008.

CLUTTON-BROCK, T. H. **Primate Ecology: Studies of Feeding and Ranging Behavior in Lemurs, Monkeys and Apes**. [s.l.]: Elsevier, 2012.

COETZER, W.G. Patterns of Genetic Diversity in Vervet Monkeys (*Chlorocebus Aethiops*) from the South Eastern Regions of South Africa. M.Sc. Thesis. University of the Free State, 2012. **Available at: University of the Free State repository**

COLINA, W. C. O. **Primates: comparative anatomy and taxonomy. VI. Catarrhini, Cercopithecoidea, Cercopithecinae**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1966, p. 533–581.

CRAIG, A. G. The role of animal models for research on severe malaria. **PLoS Pathogens**, 2012 Feb;8(2): e 1002401.

DANDELLOT, P. Order primates. In: MEESTER, J.; SETZER, H. W., editors. **The Mammals of Africa: An Identification Manual (Part 3)**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1971.

DARWIN, C. **The descent of man, and selection in relation to sex**. London: Murray, 528 p, 1871

DIXSON, A. F. **Primate sexuality: comparative studies of the prosimians, monkeys, apes, and humans**. Oxford: Oxford University Press, 546 p, 1998.

EJIGU, D; BEKELE, A. Population structure, feeding ecology and human-grivet monkey conflict at Bahir Dar University main campus, Bahir Dar. **Ethiopian Journal of Biological Sciences**, 9(1): 35-47, 2010.

ENSTAM, K. L.; ISBELL, L. A. The guenons (Genus *Cercopithecus*) and their allies. In: CAMPBELL, C. J.; FUENTES, A.; MACKINNON, K.; PANGER, M.; BEARDER, S. K. (Eds.). **Primates in Perspective**. Oxford: Oxford University Press, 2007. p. 252–274.

FENG, J.; MEYERHOFF, J. L.; BARR, G. A.; CHEN, S. Y.; ZHU, L. H.; RICHARDSON, A. L.; GILBERTSON, T. A. Evidence that human oral glucose detection involves a sweet taste pathway and a glucose transporter pathway. **Plos One**, v. 9, n. 11, e112017, 2014.

FRYE, B. M. et al. Aging-related Alzheimer's disease-like neuropathology and functional decline in captive vervet monkeys (*Chlorocebus aethiops sabaesus*). **American Journal of Primatology**, v. 83, n. 11, 5 abr. 2021.

GLASER, D.; TINTI, J. M.; NOFRE, C. Evolution of the sweetness receptor in primates. I. Why does alitame taste sweet in all prosimians and simians, and aspartame only in Old World simians? **Chemical Senses**, v. 20, p. 573-584, 1995.

GLASER, D. Geschmacksforschung bei Primaten. **Vjschr Naturforsch Ges Zurich**, v. 131, p. 92-110, 1986.

GROVES, C. P. **Primate Taxonomy**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2001. 350 p.

GRUBB, P.; BUTYNSKI, T. M.; OATES, J. F.; BEARDER, S. K.; DISOTELL, T. R.; GROVES, C. P.; STRUHSAKER, T. T. Assessment of the diversity of African primates. **International Journal of Primatology**, v. 24, p. 1301-1357, 2003.

GROVES, C. P. Order Primates. In: WILSON, D.; REEDER, D. (Eds.). **Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference**. 3. ed. Vol. 1. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2005. p. 111-184.

HELLEKANT, G.; NINOMIYA, Y.; DANILOVA, V. Taste in chimpanzees. II: single chorda tympani fibers. **Physiology & Behavior**, v. 61, p. 829-841, 1997

HILL, W. C. O. **Primates: Comparative Anatomy and Taxonomy. VI. Catarrhini, Cercopithecoidea, Cercopithecinae**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1966. p. 533-581.

JIANG, P.; JOSUE, J.; LI, X.; BEAUCHAMP, G. K. Major taste loss in carnivorous mammals. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**, 2012; 109:4956-4961.

JORGENSEN, M. J. et al. Effects of a Western-type diet on plasma lipids and other cardiometabolic risk factors in African green monkeys (*Chlorocebus aethiops sabaesus*). **PubMed**, 1 jul. 2013.

KENNEDY, R. C.; SHEARER, M. H.; HILDEBRAND, W. Nonhuman primate models to evaluate vaccine safety and immunogenicity. **Vaccine**, v. 15, n. 8, p. 903-908, jun. 1997.

KINGHORN, A. D.; SOEJARTO, D. D. Sweetening agents of plant origin. **CRC Critical Reviews in Plant Science**, 4:79-120, 1986.

LASKA, M. Taste difference thresholds for sucrose in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). **Folia Primatologica**, v. 63, p. 144-148, 1994.

LASKA, M. Taste preference thresholds for food-associated sugars in the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). **Primates**, v. 37, p. 91-95, 1996.

LASKA, M.; CARRERA SANCHEZ, E.; RODRIGUEZ LUNA, E. Gustatory thresholds for food-associated sugars in the spider monkey (*Ateles geoffroyi*). **American Journal of Primatology**, v. 39, p. 189-193, 1996.

LASKA, M. Taste preferences for five food-associated sugars in the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 23, p. 659-672, 1997.

LASKA, M.; CARRERA SANCHEZ, E.; RODRIGUEZ LUNA, E. Relative taste preferences for food-associated sugars in the spider monkey (*Ateles geoffroyi*). **Primates**, v. 39, p. 91-96, 1998.

LASKA, M. Taste responsiveness to food-associated acids in the squirrel monkey (*Saimiri sciureus*). **Journal of Chemical Ecology**, v. 25, p. 1623-1632, 1999.

LASKA, M.; SCHEUBER, H.-P.; CARRERA SANCHEZ, E.; RODRIGUEZ LUNA, E. Taste difference thresholds for sucrose in two species of nonhuman primates. **American Journal of Primatology**, v. 48, p. 153-160, 1999.

LASKA, M.; SCHÜLL, E.; SCHEUBER, H.-P. Taste preference thresholds for food associated sugars in baboons (*Papio hamadryas anubis*). **International Journal of Primatology**, v. 20, p. 25-34, 1999.

LASKA, M. Gustatory responsiveness to food-associated sugars and acids in pigtail macaques, *Macaca nemestrina*. **Physiology & Behavior**, v. 70, n. 5, p. 495–504, set. 2000.

LIU, P.; ZHU, S. R.; LIU, Y.; JIN, Z.; ZHANG, W. The role of TAS1R2-TAS1R3 in the sweet taste perception of sugars and artificial sweeteners. **Chemical Senses**, v. 38, n. 4, p. 299–307, 2013.

LOMBARDINI, E. D.; GETTAYACAMIN, M.; TURNER, G. D. H.; BROWN, A. E. A review of *Plasmodium coatneyi*-Macaque models of severe malaria. **Veterinary Pathology**, 2015 Nov;52(6):998-1011.

MARTINELLI, A.; CULLETON, R. Non-human primate malaria parasites: out of the forest and into the laboratory. **Parasitology**, v. 145, n. 1, p. 41-54, jan. 2018.

MELO, A. F. C. **CENP - Centro Nacional de Primatas - Portal**. Disponível em: <<http://antigo.cenp.gov.br/portal/>>. Acesso em: ...

MEKONNEN, A.; BEKELE, A.; FASHING, P. J.; HEMSON, G.; ATICKEM, A. Diet, activity patterns, and ranging ecology of the Bale monkey (*Chlorocebus djamdjamensis*) in Odobullu Forest, Ethiopia. **International Journal of Primatology**, 2010a;31:339–362.

MEKONNEN, A.; BEKELE, A.; HEMSON, G.; TESHOME, E.; ATICKEM, A. Population size and habitat preference of the vulnerable Bale monkey *Chlorocebus*

*djamdjamensis* in Odo Bullu Forest and its distribution across the Bale Mountains, Ethiopia. **Oryx**, 2010b;44:558–563.

MILTON, K. Nutritional characteristics of wild primate foods: Do the diets of our closest living relatives have lessons for us? **Nutrition**, v. 15, p. 488-498, 1999.

MONTAÑA CÁMARA, H.; FISCHER, I.; LASKA, M. Is sugar as sweet to the palate as seeds are appetizing to the belly? Taste responsiveness to five food-associated carbohydrates in zoo-housed white-faced sakis, *Pithecia pithecia*. **PLOS ONE**, v. 18, n. 10, p. e0292175–e0292175, 31 out. 2023.

NAGY, S.; SHAW, P. E. **Tropical and subtropical fruits: composition, nutritive values, properties and uses**. Westport: Avi Pub Co, 1980.

NAPIER, P. H. **Catalogue of Primates in the British Museum (Natural History) and Elsewhere in the British Isles. Part II: Family Cercopithecidae, Subfamily Cercopithecinae**. London: British Museum (Natural History), 1981. p. 149–169.

NORLÉN, E. et al. Taste responsiveness of Western chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) to five food-associated saccharides. **Primates**, v. 60, n. 1, p. 29–39, 15 nov. 2018.

NORTON, G. W.; RHINE, R. J.; WYNN, G. W.; WYNN, R. D. Baboon diet: A five-year study of stability and variability in the plant feeding and habitat of the yellow baboon (*Papio cynocephalus*) of Mikumi National Park, Tanzania. **Folia Primatologica**, v. 48, p. 78-120, 1987.

NOFRE, C.; TINTI, J. M.; GLASER, D. Evolution of the sweetness receptor. II. Gustatory responses of nonhuman primates to nine compounds known to be sweet to humans. **Chemical Senses**, v. 21, p. 747-762, 1996.

NORCONK, M.; SETZ, E. Ecology and behavior of saki monkeys (genus *Pithecia*). In: VEIGA, L. M.; BARNETT, A. A.; FERRARI, S. F.; NORCONK, M. A. (ed.). **Evolutionary biology and conservation of titis, sakis and uacaris**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 262-271.

PAGE, S. L.; CHIU, C.; GOODMAN, M. Molecular phylogeny of old world monkeys (*Cercopithecidae*) as inferred from  $\gamma$ -globin DNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 13, p. 348–359, 1999.

PERELMAN, P. et al. A molecular phylogeny of living primates. **PLoS Genetics**, 2011;7:e1001342.

PEREIRA, D. K. S. et al. Anatomia encefálica comparativa de primatas humanos e não-humanos: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e19810212441, 10 fev. 2021.

PFAMMANN, C.; BARTOSHUK, L. M. Taste psychophysics. In: BEIDLER, L. M. (Ed.). **Handbook of sensory physiology: part 2, v. 4**. Berlin: Springer Verlag, 1971. p. 75-101.

PLATA-SALAMAN, C. R.; SCOTT, T. R.; SMITH-SWINTOSKY, V. L. Gustatory neural coding in the monkey cortex: the quality of sweetness. **Journal of Neurophysiology**, 1993; 69:482 - 93.

PLATA-SALAMAN, C. R.; SCOTT, T. R.; SMITH-SWINTOSKY, V. L. Gustatory neural coding in the monkey cortex: acid stimuli. **Journal of Neurophysiology**, v. 74, p. 556-564, 1995.

POST, D. G. Feeding behavior of yellow baboons (*Papio cynocephalus*) in the Amboseli National Park, Kenya. **International Journal of Primatology**, v. 3, p. 403-430, 1982.

PRATT-RICCIO, L. R. et al. Uso de modelos de primatas neotropicais para pesquisa em malária: um histórico dos 25 anos de colaboração entre o Laboratório de Pesquisa em Malária (IOC, Fiocruz) e o Centro Nacional de Primatas (IEC, SVS). **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 12, n. ESP, 1 jun. 2021.

PRITCHARD, T. C. The primate gustatory system. Em: GETCHELL, T. V.; BARTOSHUK, L. M.; DOTY, R. L.; SNOW, J. B., editores. **Smell and Taste in Health and Disease**. New York: Raven Press, 1991. pp. 109 - 25.

PRITCHARD, T. C.; REILLY, S.; HAMILTON, R. B.; NORNGREN, R. Taste preference of Old World monkeys: 1. A single-bottle preference test. **Physiology & Behavior**, 1994, v. 55, p. 477-481.

PRUETZ, J. D. Feeding ecology of savannah chimpanzees at Fongoli, Senegal. In: HOMANN, G.; ROBBINS, M. M.; BOESCH, C. (Eds.). **Feeding ecology in apes and other primates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 161-182.

RICCIO, E. K. P. et al. Molecular and immunological tools for the evaluation of the cellular immune response in the neotropical monkey *Saimiri sciureus*, a nonhuman primate model for malaria research. **Malaria Journal**, 2015 Apr;14:166.

ROWE, N. **The Pictorial Guide to Living Primates**. New York: Pogonias Press, 1996.

ROLLS, E. T. Information processing in the taste system of primates. **Journal of Experimental Biology**, v. 146, p. 141-164, 1989.

ROLLS, E. T. Anatomy and neurophysiology of the central palate. In: DOTY, R. L. (Ed.). **Handbook of olfaction and gustation**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 549-573.

ROLLS, E. T. Central taste anatomy and neurophysiology. In: DOTY, R. L. (Ed.). **Handbook of olfaction and gustation**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 549-573.

REILLY, S.; NORNGREN, R.; PRITCHARD, T. C. A new gustometer for testing taste discrimination in the monkey. **Physiology & Behavior**, v. 55, p. 401-406, 1994.

ROTHMAN, J. M.; VOGEL, E. R.; BLUMENTHAL, S. A. **Diet and nutrition**. Oxford University Press eBooks, p. 195-212, 4 abr. 2013.

SCOTT, T. R.; PLATA-SALAMAN, C. R.; SMITH, V. L.; GIZA, B. K. Gustatory neural coding in the monkey cortex: stimulus intensity. **Journal of Neurophysiology**, v. 65, p. 76–86, 1991.

SCOTT, T. R.; PLATA-SALAMAN, C. R. Taste in the monkey cortex. **Physiology & Behavior**, v. 67, p. 489–511, 1999.

SCHOENER, T. W. Theory of feeding strategies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 2, n. 1, p. 369–404, 1971.

SKINNER, J. D.; SMITHERS, R. H. N. **The mammals of the Southern African subregion**. 2. ed. South Africa: University of Pretoria, 1990.

SWITZER, W. M., BHULLAR, V., SHANMUGAM, V., CONG, M., PAREKH, B., LERCHE, N. W., YEE, J. L., ELY, J. J., BONEVA, R., CHAPMAN, L. E., FOLKS, T. M., HENEINE, W. (2004). Frequent simian foamy virus infection in persons occupationally exposed to nonhuman primates. *Journal of Virology*, 78(6), 2780-2789.  
SWITZER, W. M. et al. Ancient co-speciation of simian foamy viruses and primates. **Nature**, v. 434, p. 376-380, 2005.

SIMMEN, B.; HLADIK, C. M. Discrimination of sweet and bitter tastes in primates: scale effects between species. **Folia Primatologica**, v. 69, p. 129-138, 1998.

Silva, J. P., & Souza, M. A. (2008). Níveis de 25 (OH) vitamina D entre primatas de espécie *Callithrix penicillata*, expostos e não expostos à luz solar. **Revista Brasileira de Primatologia**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 45-52, 2008  
STRUHSAKER, T. T. Phylogenetic implications of some vocalizations of *Cercopithecus* monkeys. In: NAPIER, J. R.; NAPIER, P. H. (Ed.). **Old World Monkeys**. New York: Academic Press, 1970. p. 367-444.

TAVEIRA, Úrsula; MATOS, Marize Bastos de. Manejo alimentar de primatas em cativeiro. **Revista Nutritime**, 2010.

THE IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/search?query=Chlorocebus%20&searchType=species>. Acesso em: 2 set. 2024.

TOSI, A. J.; BUZZARD, P. J.; MORALES, J. C.; MELNICK, D. J. Y-chromosome data and tribal affiliations of **Allenopithecus and Miopithecus**. **International Journal of Primatology**, v. 23, p. 1287-1299, 2002.

TURNER, T. R.; ANAPOL, F.; JOLLY, C. J. Growth, development, and sexual dimorphism in vervet monkeys (*Cercopithecus aethiops*) at four sites in Kenya. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 103, p. 19–35, 1997.

VAN DER KUYL, A. C.; DEKKER, J. T.; GOUDSMIT, J. St. Kitts green monkeys originate from West Africa: genetic evidence from feces. **American Journal of Primatology**, v. 40, p. 361-364, 1996.

VEIGA, L. M. et al. **Evolutionary Biology and Conservation of Titis, Sakis and Uacaris**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013

WERTHEIM, J. O.; WOROBEY, M. A challenge to the ancient origin of SIVagm based on African green monkey mitochondrial genomes. **PLoS Pathogens**, v. 3, e95, 2007.

XING, J. et al. A mobile element based evolutionary history of guenons (tribe Cercopithecini). **BMC Biology**, v. 5, p. 5, 2007.

ZHU, K. et al. The loss of taste genes in Cetaceans. **BMC Evolutionary Biology**, v. 14, p. 218, 2014.

## Apêndice 1 – Certificado CEUA

CEUA



### CERTIFICADO nº 19/2023

Certificamos que a proposta intitulada “**Preferência alimentar e sensibilidade olfativa e gustativa de diferentes espécies de primatas amazônicos**”, registro CEUA nº 09/2022, sob a responsabilidade de **Wagner Ferreira dos Santos**, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) – através do e-mail datado de 02/08/2023 solicita inclusão de nova metodologia experimental e dois novos colaboradores, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de

2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADO** pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) do INSTITUTO EVANDRO CHAGAS-IEC.

Obs.: O Certificado nº 08/2023 de 24/05/2023, perde sua validade a partir desta data.

Finalidade	( ) Ensino (x) Pesquisa Científica			
Vigência da autorização	Setembro/2022 a Abril/2024			
Espécie/linhagem	<b>Espécie</b>	<b>Machos</b>	<b>Fêmeas</b>	<b>Fêmeas Sub Adul</b>
	<i>Chlorocebus aethiopes</i>	4	4	0
	<i>Alouatta caraya</i>	4	4	0
	<i>Aotus azarae</i>	4	4	0
	<i>Callimico Goeldi</i>	4	4	1
	<i>Chiropotes utahikcae</i>	4	2	1
	<i>Leontocebus wedelli</i>	4	4	0
	<i>Cebus albifrons</i>	4	4	0
	<i>Saguinus ursulus</i>	4	4	0
Nº de animais	62			
Peso/Idade	0,3 – 8Kg / Adultos / 30-40 dias sub-adulto			
Sexo	Fêmea e Macho			
Origem	CENP – Centro Nacional de Primatas			

De acordo com Orientação Técnica nº 8, de 18 de março de 2016 do CONCEA.

Recomendamos que a coordenação mantenha atualizados todos os documentos pertinentes ao projeto.

Deverá ser encaminhado relatório incluindo os resultados finais da pesquisa, no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, após a finalização da mesma.

Ananindeua-PA, 03 de outubro de 2023.



Ana Cláudia M. de Oliveira  
Secretária da CEUA/IEC



Gilmara Abreu da Silva  
Coordenadora da CEUA/IEC

**Endereço:** Rodovia BR-316, Km 07, S/N **Bairro:** Levilândia CEP:  
67.030-000

**UF:** PA Município: Ananindeua, Telefone: (91) 3214-2237

**E-mail:** [ceua@iec.gov.br](mailto:ceua@iec.gov.br)