



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE

AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE GOMA ARÁBICA E GUAR NO
COMPORTAMENTO ALIMENTAR E PESO DE MICOS-ESTRELA CATIVOS
(Callithrix penicillata)

Rafael Carvalho Pupe

Brasília, 2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE

AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE GOMA ARÁBICA E GUAR NO
COMPORTAMENTO ALIMENTAR E PESO DE MICOS-ESTRELA CATIVOS
(*Callithrix penicillata*)

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientadora: Profa. Dra. Marília Barros

Co-Orientadora: Profa. Dra. Maria Clotilde Henrique Tavares

Rafael Carvalho Pupe

Brasília, 2010

Rafael Carvalho Pupe

AVALIAÇÃO DO CONSUMO DE GOMA ARÁBICA E GUAR NO
COMPORTAMENTO ALIMENTAR E PESO DE MICOS-ESTRELA CATIVOS
(*Callithrix penicillata*)

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde.

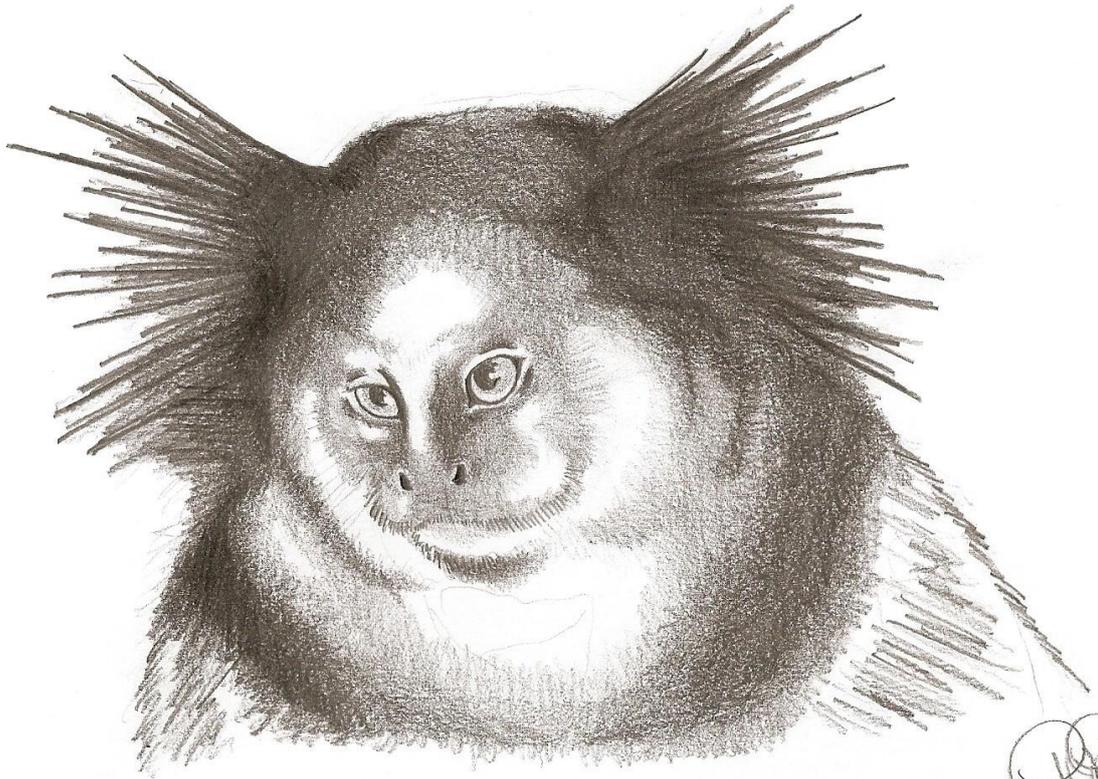
Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Marília Barros (Orientadora – UnB)

Prof^a. Dr^a. Regina H. F. Macedo (Membro Titular Externo – UnB)

Prof. Dr. Valdir Figueiras Pessoa (Membro Titular Interno – UnB)

Prof. Dr. Carlos Tomaz (Membro Suplente – UnB)



2010

*Dedico este trabalho ao Criador, a criação,
as criaturas e a todas as formas de ciência.*

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Marília, minha imensa gratidão. Por me aceitar em seu grupo de pesquisa, pela paciência, por todos os seus ensinamentos, por apontar as minhas falhas e me incentivar a melhorar sempre. Obrigado por ser tão exigente e detalhista: isso está fazendo toda a diferença na minha vida, enfim, obrigado por apresentar-me a porta para a ciência.

À Profa. Dra. M^a. Clotilde H. Tavares pelos ensinamentos, incentivos e por ter me aceitado no Laboratório de Neurociência e Comportamento.

Aos professores, Profa. Dra. Regina Macedo e Prof. Dr. Valdir Pessoa pelas sugestões e correções para o trabalho.

Aos meus companheiros do Laboratório de Neurociência e Comportamento, que de alguma forma contribuíram com este trabalho e pelos momentos de alegria.

Aos sujeitos experimentais: Zeus, Micha, Grécia, Grenda, Belquior, Valium, Miro, Supimpa, Vanusia, Golias, Mixo, Vanessa, Valmart, Mimosa, Miuxa, Gorda, Valente e Biju.

Ao Dr. Danilo Teixeira e Priscila Cagni pela amizade e pelo apoio prestado em todos os momentos.

Ao amigo Dr. Carlos Uribe, pelos alegres momentos em sua casa, pela ajuda nos cálculos estatísticos.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa: Adão Pedro, Geinaldo e Dr. Raimundo, por me receberem em seu local de trabalho, pela ajuda e momentos de descontração.

À minha amada mãe pela compreensão e pelo apoio financeiro, espero que a alegria que sinto seja sua e de toda nossa família.

À minha namorada Erika Conti pela imensa compreensão, pela sua calma de conduzir nossa convivência.

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse sonho.

À CAPES pelo apoio financeiro conferido através de bolsa de mestrado.

À Universidade de Brasília, ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências da Saúde e ao Centro de Primatologia, que possibilitaram a realização deste trabalho.

RESUMO

O mico-estrela (*Callithrix penicillata*) é um primata bem descrito nas suas características fisiológicas, mas pouco se conhece sobre a ecologia alimentar desses animais. Apresentam uma estratégia generalista na exploração de recursos alimentares e escarificam árvores gomíferas para a obtenção de goma. Essa é um polissacarídeo complexo, relevante na dieta dos micos, pois é uma fonte regular de energia e minerais. Na verdade, em animais cativos, a gomivoria e os comportamentos associados podem ser resgatados via enriquecimento ambiental ou alimentar. Portanto, este estudo investigou a viabilidade de introduzir a goma na rotina alimentar de micos-estrela mantidos em cativeiro, avaliando especificamente a preferência entre dois tipos de goma, diferentes soluções de goma e horários de fornecimento e se o peso dos animais seria influenciado pela introdução de goma na dieta. Dezoito animais adultos, pesando entre 280 e 400 g, foram testados aos pares em seus próprios viveiros de moradia. Os pares de micos foram divididos em três grupos (n=6/cada): controle, goma guar e goma arábica. Ambas as gomas foram avaliadas em nível de quantidade consumida e comportamento alimentar nas soluções 50, 25 e 15% m/m (goma:água) e oferecidas três vezes entre 07:30-8:30 e três vezes das 15:00-16:00h. O grupo controle recebeu apenas água nas nove sessões. Após a colocação da goma/água, iniciou-se a observação dos animais durante 5 min, com registro dos dados no programa Etholog® v2.25. Depois de 30 min da colocação do recipiente com goma/água, o mesmo foi retirado e pesado. Ambos os tipos de goma foram prontamente ingeridos pelos micos, enquanto que a água não foi consumida. Além disso, a quantidade de goma arábica consumida foi significativamente maior que a da guar, sugerindo uma preferência pela primeira.

Contudo, o consumo foi semelhante entre as três soluções testadas e os dois horários avaliados. O tempo de forrageamento e a latência para o primeiro consumo não diferiram entre os dois tipos de goma ou as soluções testadas, assim como o peso dos micos no início e final do estudo permaneceu constante. As características da goma arábica – consistência, cor e odor – podem ter contribuído para o seu maior consumo, enquanto que o curto período de seu fornecimento tenha limitado qualquer possível ganho de peso dos animais em resposta ao consumo da goma. Portanto, o provimento de diferentes tipos de goma aos micos-estrela mantidos em ambiente de cativeiro demonstrou ser uma estratégia viável de enriquecimento alimentar para esses primatas.

Palavras chave: mico-estrela; enriquecimento alimentar; gomivoria; goma arábica; goma guar.

ABSTRACT

Black tufted-ear marmosets (*Callithrix penicillata*) are well described in terms of their physiological characteristics, yet little is known about the feeding ecology of these primates. They demonstrate a generalist strategy for exploring food resources and scarify gummiferous trees to obtain exsudate/gum. This complex polysaccharide is an important component of the marmosets' diet, as it represents a regular source of energy and minerals. In fact, gummivory and its associated behaviors can be stimulated in captive individuals by environmental and dietary enrichment. Therefore, the present study investigated the viability of introducing gum in the dietary routine of captive black tufted-ear marmosets. The preference between two types of gum, different solution levels and feeding schedules were evaluated, as well as the animals' body weight. Eighteen adult marmosets, weighing 280 to 400 g, were pair-tested in their own home-cages. Subject pairs were assigned to one of three groups (n=6): control, guar gum and arabic gum. Both types of gum were evaluated as 50, 25 and 15% m/m (gum:water) solutions and provided three times between 07:30 and 08:30 h and three times from 15:00 to 16:00 h. Control marmosets received only water during all nine trials. Following gum/water placement, each animal was observed during a 5-min period and data recorded on the Etholog® 2.25 program. The gum/water container was removed from the home-cage and weighed after 30 min. Both types of gum were readily ingested by the marmosets, while water was not consumed. Moreover, the amount of arabic gum consumed was significantly greater than that of guar, suggesting a preference for the former. However, gum consumption was similar for the three solutions and the two feeding schedules tested. Foraging time and latency to first intake did not differ between the different

gums and solutions tested. The marmosets' weight at the beginning and end of the study also remained constant. Characteristics of the arabic gum – such as consistency, color and odor – may have contributed to its higher consumption, whereas the short period in which the gum solutions were offered possibly limited the animals' weight gain. Therefore, the introduction of different types of gum to the diet of captive marmoset appears to be a viable strategy for dietary enrichment in these primates.

Keywords: black tufted-ear marmoset; dietary enrichment; gummivory; gum arabic; gumguar.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
SUMÁRIO	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Aspectos gerais do mico-estrela.....	1
1.2. Dieta e comportamento alimentar de calitriquídeos.....	3
1.2.1. Aspectos gerais.....	3
1.2.2. Gomivoria e o comportamento de escarificação.....	4
1.2.3. Adaptações do sistema digestório para gomivoria.....	9
1.3. Manejo e bem-estar de indivíduos cativos.....	10
1.3.1. Aspectos gerais.....	10
1.3.2. A goma na dieta de calitriquídeos	12
1.3.2.1. Goma arábica.....	13
1.3.2.2. Goma guar.....	13
1.4. Calitriquídeos como animais modelos em estudos biomédicos.....	14
2. JUSTIFICATIVA & RELEVÂNCIA	17
3. OBJETIVO GERAL	19
3.1. Objetivos específicos.....	19
4. METODOLOGIA	20
4.1. Local do estudo.....	20
4.2. Sujeitos e condições de manutenção.....	21
4.3. Rotina de alimentação.....	23

4.4. Preparo da goma.....	24
4.5. Procedimento experimental.....	25
4.6. Análise dos dados.....	27
4.7. Análise estatística.....	28
4.8. Considerações éticas.....	30
5. RESULTADOS.....	31
5.1. Análise geral.....	31
5.2. Perfil do consumo de acordo com o horário de teste	33
5.3. Perfil de resposta de acordo com o tipo de goma.....	35
5.4. Avaliação do peso.....	40
6. DISCUSSÃO.....	41
6.1. Perfil de resposta de acordo com o tipo de goma.....	41
6.2. Perfil de resposta de acordo com o horário de teste.....	46
6.3. Avaliação do peso.....	48
6.4. Perspectivas.....	49
7. CONCLUSÕES.....	52
8. REFERÊNCIAS.....	53
9. ANEXOS.....	64
9.1. Anexo A Declaração do CEUA.....	64

1. INTRODUÇÃO

1.1. ASPECTOS GERAIS DO MICO-ESTRELA

Os primatas do gênero *Callithrix*, também conhecidos como micos, pertencem a família Callitrichidae. Distinguem-se dos demais primatas por possuírem garras ao invés de unhas (exceto no hálux), monomorfismo sexual, ausência dos terceiros molares, caninos incisiformes e partos gemelares (1). São animais de hábitos diurnos, de pequeno porte – pesando entre 300 e 450 g quando na idade adulta – e suas características morfológicas variam dentro do gênero em termos da presença ou ausência de tufos auriculares, assim como no padrão de cor da pelagem (1); (2). De acordo com a classificação atual (3), esse gênero apresenta seis espécies, todas endêmicas do Brasil: *Callithrix aurita*, *C. flaviceps*, *C. geoffroyii*, *C. jacchus*, *C. kuhlii* e *C. penicillata*.

Essencialmente arborícolas, os micos habitam biomas com diferentes características fisionômicas, incluindo a Amazônia e a Mata Atlântica, além da Caatinga e do Cerrado (2); (4), podendo ocorrer inclusive em vegetação secundária ou perturbada e fragmentada. O sucesso de sua radiação se deu, em parte, à habilidade de locomoção vertical entre os troncos das árvores, o que por sua vez lhe permitiu uma exploração de diferentes nichos, particularmente em termos de alimentos (5).

O tamanho de sua área de vida é influenciado pela forma de distribuição dos recursos alimentares e estrutura social (6); (7); (3), podendo variar consideravelmente, entre 0,5 e 18,5 ha (8); (9). Além disso, esses pequenos primatas neotropicais dividem seu tempo entre a procura ativa e ingestão de alimento, o deslocamento entre sítios de alimentação e dormida, e o descanso (8);

(9), existindo importantes diferenças inter e intra-específicas em termos do tempo diário alocado para cada atividade (6).

Dentro do gênero *Callithrix* observa-se grupos familiares estendidos, de 2 a 13 indivíduos, incluindo um casal reprodutor com descendentes e/ou familiares de diferentes faixas etárias (2), apesar do seu sistema social poder variar entre a monogamia, a poliandria e a poliginia (10). Contudo, a fêmea reprodutora inibe – hormonal e comportamentalmente – a ovulação das fêmeas subordinadas (11). Após um período gestacional de 145 ± 4 dias, ocorre o nascimento de gêmeos, não sendo seguido de um período de anestro lactacional (4), podendo assim ocorrer uma ovulação 2-4 semanas depois do parto (12). Considerando que os filhotes nascem com aproximadamente 20% do peso da mãe (13) e que são amamentados até o terceiro mês de vida, quando atingem 50% do peso de um adulto, não é de se surpreender que estes pequenos primatas desenvolveram um complexo sistema de cuidado parental entre os membros do grupo (14). Segundo Yamamoto (14), as fêmeas reprodutoras são as que apresentam a maior exigência nutricional, resultante de um sistema reprodutivo intenso (2 filhotes/semestre) e de alto custo energético.

A espécie *C. penicillata* – sujeito do presente estudo (Figura 1) – ocorre nos biomas do Cerrado e da Caatinga (3). A coloração de sua pelagem é um misto de cinza, preto e vermelho/amarelo, com tufos pretos pré-auriculares e uma característica mancha branca na testa em formato de estrela, derivando daí o seu nome popular de mico-estrela (2), (15).

1.2. DIETA E COMPORTAMENTO ALIMENTAR DE CALITRIQUÍDEOS

1.2.1. Aspectos Gerais

Os calitriquídeos apresentam uma estratégia generalista em termos de exploração de recursos alimentares. São considerados “otimizadores” de energia, sendo que o seu pequeno porte permite uma dieta variada (5), incluindo principalmente frutos, invertebrados e exsudatos de plantas (p. ex., goma), mas também podem alimentar-se de flores, brotos, botões, néctar, sementes, ovos de pequenas aves, moluscos e pequenos vertebrados (9); (2); (16). Classificados também como forrageadores manipuladores por Bicca-Marques (17), o formato e a estrutura das mãos desses pequenos primatas parecem estar correlacionados às suas diferentes técnicas de forrageamento.



Figura 1. Mico-estrela (*Callithrix penicillata*) de vida livre. Foto: Paulo Loreiro

O forrageamento por frutos ocorre mais na estação chuvosa, devido à maior disponibilidade desse recurso e o consumo de goma está mais concentrado na estação da seca, considerando a escassez de frutos nessa época (6). Segundo

Rylands e Faria (5), isso ocorre porque, apesar de ambos (goma e fruto) serem recursos energéticos, a goma demanda um gasto maior de energia para sua extração, sendo esperado, portanto, a preferência pela ingestão de frutos, quando este recurso esta disponível no ambiente.

Os invertebrados também fazem parte da dieta dos calitriquídeos, atendendo parte da demanda de fósforo e energia, sendo também uma excelente fonte de proteína. Esses animais podem consumir mais de 38 espécies de insetos, alguns pesando mais de 8,5 gramas, sendo o gafanhoto o mais ingerido (18).

1.2.2. Gomivoria e o comportamento de escarificação

A goma é um dos diferentes tipos de exsudatos produzidos como mecanismo natural de defesa por várias espécies de plantas, especialmente as de regiões semi-áridas. Ao sofrer algum tipo de lesão/dano na casca, a planta secreta uma solução aquosa de goma para fechar o local, evitando assim infecções e/ou a desidratação. Ao entrar em contato com o ar e a luz solar, a solução enrijece, formando uma massa sólida, dura e de aspecto vítreo. Sua coloração depende da espécie produtora (19), sendo que as principais famílias vegetais identificadas, que são exploradas por calitriquídeos, são a *Anacardiaceae*, *Leguminosae* e *Vochysiaceae* (5).

A goma é, sintetizada na região do câmbio da planta, e formada essencialmente por carboidratos complexos, com fração solúvel em água e pH aproximadamente neutro. Ressalta-se que as características específicas podem variar, significativamente, dependendo da localização geográfica, da idade da planta, das condições climáticas, do ambiente do solo e até mesmo do local onde foi

liberada a goma pela planta (revisado em Verbeken et al., 19). Contudo, sua estrutura química geral é formada por unidades polissacarídicas unidas por ligações do tipo β , resistentes à degradação por enzimas digestivas dos mamíferos (20). Portanto, para a obtenção da energia presente na goma é necessário que ocorra primeiramente a fermentação pela microbiota presente no trato gastrointestinal (21). Aspectos da digestão dos micos serão discutidos mais adiante (vide item 1.2.3).

A goma também contém algumas proteínas e minerais como cálcio, potássio e magnésio (2). O seu conteúdo de cálcio parece ser particularmente importante para calitriquídeos por várias razões. Dentre elas está a necessidade da manutenção de um equilíbrio no conteúdo de cálcio:fósforo proveniente da dieta. Para a maioria dos mamíferos, uma relação de 1:1, ou até mesmo 2:1, de cálcio para fósforo é considerado ótimo (22), sendo que uma dieta muito pobre em cálcio (ou muito rica em fósforo) pode reduzir o desenvolvimento normal do esqueleto, diminuir a capacidade locomotora e reduzir a taxa de sobrevivência da prole (23). Em calitriquídeos, estima-se que o consumo de invertebrados, mesmo que oportunístico, gere um desbalanceamento dessa relação, tendo esse item alimentar um conteúdo de cálcio:fósforo de 1:2 a 1:7 (24). Essa baixa disponibilidade de cálcio em invertebrados pode estar ainda mais exacerbada em vista da inacessibilidade do mesmo (24), estando quase todo concentrado no exoesqueleto. O exoesqueleto é dificilmente degradado na ausência de enzimas especializadas, sendo frequentemente descartado por calitriquídeos durante a ingestão de invertebrados (23).

O consumo de itens com altos níveis de cálcio também visa suprir a grande demanda por esse nutriente nos micos, considerando os altos custos reprodutivos para as fêmeas (25). O nascimento de gêmeos, o alto peso dos neonatos em

relação ao da mãe e a amamentação até o terceiro mês de vida (13), fazem com que as fêmeas reprodutoras tenham baixos níveis de cálcio durante as fases finais da gestação e na lactação (24). O fato de apresentarem um anestro pós-parto também pode contribuir para deficiência de cálcio nas fêmeas.

A necessidade de cálcio não parece ser suprida pela frutas (e muito menos pelos invertebrados) normalmente consumidos pelos micos, tendo esses itens alimentares baixas quantidades disponíveis desse mineral (24). Portanto, Garber (24) sugere que a goma constitui a principal fonte de cálcio na dieta dos calitriquídeos. A mesma tem sido sugerida na maioria das suplementações de cálcio para pequenos primatas neotropicais mantidos em cativeiro (25).

Por estar disponível o ano todo, a goma constitui então uma importante fonte regular de energia e minerais para os calitriquídeos, principalmente em épocas de escassez de outros alimentos, devido à sazonalidade (26); (27); (7). De fato, a gomivoria pode representar até 70% da dieta do *Callithrix* (5); (28); (9), sendo que a obtenção de goma corresponde a 30% do tempo ativo nesse gênero, e até 50% no caso específico do mico-estrela (29). Segundo Rylands (30), a habilidade para explorar goma no período sazonal e de restrição de outros recursos alimentares, favoreceu o desenvolvimento de características encontradas apenas nesse grupo de primatas, tais como, dois partos gemelares por ano, grupos maiores e mais estáveis e a ocupação de áreas menores.

Vários membros da família Callitrichidae são consumidores facultativos de exsudatos (p. ex., gênero *Saguinus*), não apresentando especializações morfológicas para sua extração e/ou digestão. O gênero *Callithrix*, por sua vez, apresenta caninos inferiores incisiformes (com tamanho equivalente aos dentes

incisivos), adaptados à escarificação (perfuração) da casca de árvores gomíferas, induzindo ativamente o fluxo de goma (26); (31); (32).

O comportamento de escarificação, tipicamente observado nesses primatas, consiste no animal fixar os incisivos superiores na casca da árvore ou na beira de um orifício já existente e raspar a casca com os incisivos inferiores, utilizando os quadris e os ombros numa espécie de alavanca. Assim ele atinge o ritidoma, os veios e a porção superficial do floema, provocando a exsudação da goma (33).

Por possuírem garras ao invés de unhas e um peso corpóreo reduzido, calitriquideos conseguem adotar uma posição vertical no tronco das árvores, o que facilita a extração da goma por escarificação (34). Ainda, os buracos ocasionados são locais onde os micos urinam e esfregam as regiões suprapúbicas ou circungenitais, deixando 'marcação' de cheiros importantes para as interações intra- e intergrupo (35).

Stevenson e Rylands (2) inferiram, a partir do uso preferencial de determinadas espécies vegetais, assim como de determinadas árvores em detrimento de outras, que estes símios possuem uma habilidade cognitiva a respeito do conteúdo nutricional da goma e do gasto energético necessário para uma nova escarificação. De fato, existe uma exploração mais intensa de árvores maiores e mais próximas de cursos de água, possivelmente devido a um melhor conteúdo nutricional da goma lá produzida.

No Brasil, as árvores gomíferas citadas acima parecem estar em áreas concentradas e facilmente defensáveis, influenciando vários aspectos da ecologia comportamental dos micos (36). Nesses pequenos primatas neotropicais, a competição por alimento é considerada baixa quando forrageiam por insetos ou frutos, sendo esses recursos relativamente dispersos (37) e de consumo

oportunístico. Entretanto, o exsudato parece ser um recurso altamente defendido por calitriquídeos por ser o maior componente de sua dieta e um recurso renovável, além de estar concentrado nos troncos das árvores, (28); (5). Porém, a competição por alimentos, assim como outros comportamentos sociais, parece não depender apenas de fatores ecológicos, como a abundância e a distribuição dos recursos alimentares, mas também de outros fatores, tais como: o risco de predação, a área de vida, o tamanho e a composição dos grupos (38).

No gênero *Callithrix*, parece haver um acesso diferenciado, dentre os diferentes integrantes do grupo, à itens alimentares preferenciais e escassos, sendo nesse caso as fêmeas (reprodutoras ou não) (39). De fato, a estrutura hierárquica de diversos grupos de primatas é bem descrita em relação à primazia alimentar das fêmeas (40). Em cativeiro, elas consomem uma maior porção do alimento, defendendo esse recurso, principalmente, dos machos adultos (39);(37).

Durante o período de gestação e lactação, como mencionado acima, as fêmeas desse gênero apresentam um aumento na absorção de energia, mas perdem peso durante a lactação. Nos machos, por sua vez, não há alterações nesses parâmetros, apesar de serem eles que passam boa parte do tempo carregando os filhotes (41). Devido ao alto custo energético exigido pela fêmea reprodutora durante esse período, uma das estratégias observadas é o acesso preferencial ao alimento, em relação aos outros membros do grupo, inclusive o macho reprodutor (42); (41). O valor nutricional da goma, em particular, pode aumentar a taxa de fertilidade de fêmeas reprodutoras e reduzir a taxa de mortalidade pós-natal (29).

1.2.3. Adaptações do sistema digestório para gomivoria

A função primordial do sistema digestório é extrair energia e nutrientes essenciais do ambiente em que se vive (e que foram ingeridos), de forma a manter os processos metabólicos compatíveis com a sobrevivência do indivíduo. Nesse sentido, diversos animais possuem sistemas altamente adaptados para maximizar a digestão dos itens que mais consomem. Isso também se aplica aos calitriquídeos, e para o mico-estrela em particular, uma vez que a maior parte de sua dieta é composta de goma (43).

O ceco e o cólon, mais especificamente, são segmentos bastante desenvolvidos, sendo que o primeiro representa 35% da capacidade e 25% do comprimento total do intestino grosso (44). Essa particularidade é vista como uma adaptação a ingestão de alimentos que necessitam de fermentação microbiana, como os exsudatos (44).

Nos calitriquídeos, além do maior tamanho e volume dessa região do trato gastrointestinal, o tempo de trânsito do bolo alimentar é significativamente reduzido no ceco. Esse fato, por sua vez, aumenta o tempo de contato da goma com a microbiota presente no local, favorece a ocorrência do processo de fermentação e maximiza a obtenção de energia de um item alimentar que normalmente não seria facilmente aproveitado (44); (21). De fato, em um estudo comparativo em ambiente de cativeiro, Power e Oftedal (21) demonstraram que o tempo de trânsito no trato gastrointestinal permaneceu inalterado quando goma arábica foi adicionada a dieta de espécies de primatas neotropicais exsudatívoras facultativas – sem as devidas adaptações morfofuncionais para gomivoria (p. ex., *Saguinus fuscicollis*, *S. oedipus* e *Leontopithecus rosalia*), mas foi significativamente reduzido no *C. jacchus*. A

energia que é obtida do carboidrato da goma seria suficiente para explicar a grande exploração desse item alimentar pelo *Callithrix* (34); (21); (23).

Caton e cols. (44) descreveram duas estratégias digestivas que devem estar ocorrendo concomitantemente no *Callithrix*, as quais otimizaram o aproveitamento da energia advinda dos diferentes tipos de alimento ingeridos. Uma denominada de 'digestão rápida', utilizada quando do consumo de alimentos de alta qualidade, como insetos e frutas, e que ocorre ao longo do intestino delgado. A outra, classificada de 'retenção seletiva' e ocorrendo no ceco, é empregada na digestão de polissacarídeos solúveis tais como, exsudatos, bactérias e alimentos muito pequenos, provenientes do exoesqueleto de insetos. Essa duas estratégias proporcionariam aos calitriquídeos grande flexibilidade na capacidade de conseguir os nutrientes necessários dos alimentos, tanto na natureza como em cativeiro (46).

1.3. MANEJO E BEM-ESTAR DE INDIVÍDUOS CATIVOS

1.3.1. Aspectos gerais

Atualmente, existem diversos locais em todo o Brasil que mantêm exemplares de primatas neotropicais em cativeiro, como criadouros conservacionistas e científicos. Esses criadouros ou locais de manejo buscam manter os animais de maneira a atender suas exigências fisiológicas e físicas. Para proporcionar a saúde e bem-estar de animais cativos, eles devem ser alojados em um ambiente com liberdade de movimentos e receber alimentação, água e cuidados (47). Na prática, a seleção de técnicas de criação e manejo, depende de muitos fatores, incluindo a utilização do animal, a necessidade de contato humano, a idade, o tipo de pesquisa, as necessidades de segurança da equipe técnica e do próprio animal e a

experiência da equipe, além de considerações econômicas, climáticas e do grau de urbanização (47).

O bem-estar animal tem sido um assunto de alta relevância em condições de cativeiro, principalmente em se falando de primatas, e os enriquecimentos ambiental e alimentar vêm sendo estudados e aplicados em diversos locais do Brasil e do mundo. O enriquecimento foi definido como sendo um princípio norteador na criação de animais que procura melhorar a qualidade dos cuidados, quando em ambiente de cativeiro, pela identificação e fornecimento dos estímulos necessários para contribuir para o bem-estar de animais cativos (47). O uso adequado do enriquecimento pode melhorar o bem-estar psicológico de primatas mantidos em ambiente cativo (48), indicado por um aumento na capacidade dos mesmos em responder adequadamente a desafios, uma redução nos comportamentos atípicos/estereotipados (49); (50) e uma melhoria em diferentes aspectos da saúde e do sucesso reprodutivo (47).

Inúmeros trabalhos vêm avaliando a implementação de estratégias de enriquecimento ambiental em primatas cativos, tendo-se um número bem menor quando se fala de enriquecimento alimentar. Esse, especificamente, não somente atende a uma necessidade fisiológica, como permite que o animal expresse comportamentos típicos da espécie, sendo considerado um fator importante para o bem-estar psicológico de primatas cativos (51).

Com relação ao fornecimento de alimento, especificamente, o objetivo da formulação de dietas em cativeiro é integrar a ecologia alimentar, a morfologia, a fisiologia e as exigências nutricionais dos animais com as características físicas e nutricionais dos alimentos fornecidos, para que os mesmos sejam consumidos em quantidade e qualidade suficiente para suprir as necessidades individuais.

Entretanto, devemos também considerar a dificuldade de suprir os nutrientes essenciais, a biodisponibilidade dos nutrientes, e a sua palatabilidade.

Além disso, os micos – especificamente – parecem querer aprender sobre a palatabilidade de alimentos novos pela experiência direta, quando são ingênuos, ou por meio de indivíduos mais experientes (52). Espécies dependentes de exploração e forrageamento manipulativo, como o *Callithrix*, tendem a ser mais neofílicas do que outras espécies (53). A neofobia é comum em mamíferos, e pode ser definida como a cautela para novos recursos do ambiente, mas pode ser afetada por fatores ecológicos e/ou a experiência precoce (52).

1.3.2. A goma na dieta de calitriquídeos

Para minimizar o desenvolvimento de doenças com etiologias relacionadas a déficits nutricionais, um planejamento adequado no momento da formulação da dieta é fundamental. Embora as rações comerciais para primatas sejam enriquecidas com quantidades adequadas de nutrientes mínimos, as suas necessidades reais ainda são desconhecidas, pois cada espécie possui exigências específicas e é difícil afirmar se de fato estão absorvendo quantidades diárias suficientes (54). Vale ressaltar também que primatas são animais selvagens, sendo uma dieta baseada apenas em rações comerciais bastante restritiva do ponto de vista de um possível enriquecimento alimentar visando o bem-estar animal.

Dessa forma, é importante a complementação de sua dieta com itens que sejam fontes ricas em proteína e vitaminas, que se assemelham a itens normalmente encontrados em seu habitat natural e que induzam comportamentos de forrageamento típicos para a espécie. Portanto, a goma comercial não só

assemelha-se aquela encontrada na dieta de animais de vida livre, como colocado por Verbeken *et al.* (19), como pode induzir a escarificação por primatas que tipicamente demonstram esse comportamento.

1.3.3.1. Goma arábica

A goma arábica é obtida de árvores do gênero *Acacia* (família *Leguminosae*), encontradas nas regiões do semi-árido da Austrália, Índia, Américas e principalmente África (19). Essa goma é a mais antiga e a melhor conhecida, sendo atualmente usada na indústria alimentícia, como espessante e emulsificante, além da indústria farmacêutica (19).

De cor clara, com pH neutro ou levemente ácida, a goma arábica possui sais minerais como cálcio, magnésio e potássio, assim como um polissacarídeo complexo com duas a cinco cadeias de 1,3- β -D-galactopiranosil, e α -L-arabinofuranosil, α -L-ramnopiranosil, β -D-glicuronopiranosil e 4-O-metil- β -glicuronopiranosil em ligações laterais nas posições 1,6 da cadeia principal (19). Ela se assemelha às demais gomas consumidas por calitriquídeos na natureza, e também apresenta-se na forma viscosa ou líquida inodora, insípida e em cores que variam do transparente ao marrom, amarelo claro ao escuro (19).

1.3.3.2. Goma Guar

A goma guar, assim como a goma arábica, também é constituída essencialmente por polissacarídeos hidrosolúveis. Esse tipo de goma, formado por galactomanana, é isolada das sementes de duas plantas leguminosas, *Cyamopsis*

tetragonolobus e *C. psoroliodes*, cultivadas principalmente na Índia e no Paquistão. Ela é constituída por moléculas de cadeias lineares longas, por unidades de β -1,4 manose glicosídica e apresenta uma unidade α -1,6 galactose a cada duas unidades de manose, formando ramificações.

A goma guar é amplamente usada na indústria alimentícia como agente espessante e na indústria farmacêutica aplicada como aglutinante, desintegrante, agente suspensor, espessante e estabilizante. A maior limitação da sua aplicação econômica encontra-se na elevada hidrossolubilidade (55); (56).

1.4. CALITRIQUÍDEOS COMO MODELOS ANIMAIS EM ESTUDO BIOMÉDICOS

Os primatas têm sido extensamente empregados em diversos estudos biomédicos. Porém, muitas são as dificuldades de se trabalhar com estes animais. A exigência de uma dieta especial, espaço, higiene e interação social são parâmetros importantes a ser levados em consideração para evitar anormalidades comportamentais e fisiológicas (57). As questões éticas de utilização de primatas não-humanos em protocolos também tem sido alvo de grande polêmica (58), mesmo quando se considera o aceitável e evidente benefício da manutenção desses animais em cativeiro, em relação ao nosso ganho de conhecimento da biologia, nutrição e outros aspectos da história natural desses animais (59).

A fim de minimizar dificuldades relacionadas ao custo e à manutenção de primatas em cativeiros, tem surgido, nas últimas duas décadas, um interesse por espécies do Novo Mundo. O gênero *Callithrix*, especificamente, tem as seguintes vantagens sobre os demais primatas do Novo e Velho Mundo: pequeno peso

corpóreo, fácil manejo, baixos custos de manutenção, duas gestações completas durante o ano, parto gemelares, rápido crescimento atingindo a idade adulta em 15 meses, fácil acasalamento e alta taxa de sobrevivência em cativeiro (60). Na verdade, o tamanho desse animal traduz-se em um menor custo com alimentação, uma menor necessidade de espaço de vida e uma maior facilidade no controle social e implementação de programas de enriquecimento (61). Em conjunto, essas características vêm contribuindo para o estabelecimento desses símios como sujeitos experimentais em investigações biomédicas, comportamentais e neuropsicofarmacológicas (62).

De fato, existem modelos em calitriquídeos para diversas patologias do sistema nervoso central, como doença vascular cerebral, isquemia, esclerose múltipla, síndrome de Parkinson e Huntington (61). Estes primatas também têm sido empregados em estudos relacionados à biologia reprodutiva e à embriologia, com o foco na fisiologia normal, regressão luteal e regulação do comportamento reprodutivo, uma vez que seu ciclo ovariano também é de aproximadamente 28 dias (61). Outra área em que os micos vêm sendo muito usados é a da infectologia, visto que são susceptíveis a diferentes agentes infecciosos, tais como, *Giardia*, *Cryptosporum* e *Strongiloides*, bem como a outras doenças enzoóticas como o Herpes vírus B (*Cercopithecine vírus*). Devido à reduzida massa corporal, que diminui a quantidade de fármaco a ser administrado, esse gênero também tem sido empregado, com menor custo, para a avaliação da segurança e eficácia de novos fármacos, com um menor custo de investimento (61).

Além disso, micos possuem várias vantagens sobre primatas do Velho Mundo, considerando a pesquisa comportamental. Em cativeiro é possível manter esses animais em um cenário social semelhante ao encontrado no seu ambiente

natural, favorecendo o surgimento de padrões comportamentais típicos da espécie. O curto tempo até a maturidade e o intervalo entre os partos facilitam a avaliação do comportamento reprodutivo e o cuidado parental da prole, permitindo o estudo de indivíduos desde seu nascimento, até além da idade adulta, em pouco tempo (61). Portanto, manter os animais utilizados na experimentação biomédica em condições saudáveis, considerando suas necessidades físicas e psicológicas, é fundamental para que os resultados sejam condizentes com a realidade do sujeito, sem desvios comportamentais e/ou fisiológicos que comprometeriam a validade dos mesmos e de uma possível extrapolação para humanos.

No caso específico do *Callithrix penicillata*, pouco se conhece sobre as características e necessidades (físicas e psicológicas) básicas dessa espécie, sendo muita informação extrapolada do congênere, o *Callithrix jacchus*. Desta forma, este estudo visará investigar o consumo de goma comercial (arábica e guar) em micos-estrela (*Callithrix penicillata*) cativos, com implicações para o seu comportamento e incremento de massa corpórea. Tais informações são extremamente relevantes para o aprimoramento de técnicas de manejo e conservação em cativeiro, tanto para esse táxon quanto para os demais calitriquídeos gomívoros.

2. JUSTIFICATIVA & RELEVÂNCIA

Vários estudos mostram a importância da gomivoria para primatas do novo mundo, em especial para callitríquideos. O estudo da gomivoria contribui para entendermos melhor os fatores comportamentais e a ecologia alimentar dos primatas pertencentes ao gênero *Callithrix*. Esses animais desenvolveram comportamentos sociais e individuais específicos para captação desse recurso alimentar.

A importância da investigação dos efeitos da introdução da goma arábica e guar na dieta de primatas cativos, tema na qual se insere este estudo, consiste no seu grande potencial de substituição da goma natural obtida por animais em vida livre. Considerando que a goma possui grande importância na dieta dos mico-estrela, ela pode ser fundamental para melhor corrigir as exigências nutricionais da espécie e como suplemento.

Devemos ressaltar a importância de se criar animais selvagens mantidos em cativeiro de forma mais natural possível. Existe uma dificuldade de se transpor as condições da natureza para o cativeiro em termos de sua complexidade e diversidade. A introdução da goma arábica e da goma guar pode constituir um elemento importante para resgatar comportamentos espécie-específicos do mico-estrela, bem como suprir parte de suas exigências nutricionais. Na natureza, a goma não é uma forma de suplementação alimentar, mas um item obrigatório da dieta dos callitríquideos. Em cativeiro, o seu fornecimento pode ser um elemento importante para que contribua no desenvolvimento fisiológico, nutricional e comportamental de animais que são privados de explorar o ambiente e os recursos oferecidos pelo mesmo.

Possivelmente, a adição da goma à dieta desses animais, aliada ao acompanhamento de suas exigências nutricionais, promoverá melhor bem-estar dos primatas cativos. Considerando que essa espécie é amplamente utilizada na pesquisa biomédica em diversos países, os resultados obtidos com o presente estudo poderão constituir uma importante sinalização para o uso da goma em outros centros, biotérios e laboratórios que mantêm a espécie cativa. Por ser um elemento de baixo custo, fácil obtenção e manipulação, este recurso representa uma alternativa viável para o enriquecimento alimentar de animais em cativeiro. Finalmente, devemos considerar que é de extrema importância que os animais utilizados na experimentação biomédica sejam mantidos da forma saudável para que respondam adequadamente às experimentações.

3. OBJETIVO GERAL

O presente estudo visou analisar a viabilidade de introduzir a goma na rotina alimentar de micos-estrela (*Callithrix penicillata*) adultos mantidos em cativeiro no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho se propôs, especificamente a:

- determinar se micos-estrela demonstram um perfil de consumo diferenciado entre a goma arábica e a goma guar;
- avaliar, para os dois tipos de goma testados, se essa espécie de mico apresenta alguma preferência por um dos três níveis de soluções (50, 25 e 15% m/m de goma:água);
- investigar o perfil de consumo dos micos, para os dois tipos de goma, em diferentes horários do dia (07:30 vs. 15:00 h)
- analisar o peso dos sujeitos no início e ao final do estudo.

4. METODOLOGIA

4.1. LOCAL DO ESTUDO

O estudo foi realizado nas dependências do Centro de Primatologia (CPUnB) da Universidade de Brasília, localizado na Fazenda Água Limpa (FAL) (16°30"S, 46°30"W), a cerca de 25 km do centro de Brasília. A FAL possui uma área de 4.340 ha, sendo caracterizada como uma estação experimental para pesquisa em diversas áreas, como agronomia, ecologia e botânica. Faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) das Bacias do Gama e Cabeça do Veado e tem, no seu interior, as Áreas Relevantes de Interesse Ecológico Capetinga/Taquára, também denominadas Estação Ecológica da Universidade de Brasília. As duas outras reservas ecológicas ao lado da FAL, Jardim Botânico de Brasília e Reserva Ecológica do IBGE, juntas, cobrem uma área de preservação de 10 mil ha. Da área total da Fazenda, 50% é destinada à preservação, enquanto que o restante destina-se à prática de ensino, pesquisa e extensão.

O CPUnB é credenciado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis – IBAMA, como criadouro de primatas para fins científicos (Registro IBAMA 1/53/1999/000006-2). O mesmo possui uma sede, onde se localizam escritórios, uma sala de aula e uma cozinha. Nessa última são preparados os alimentos frescos, a exemplo de frutas, verduras e legumes, assim como são armazenados os alimentos secos, como rações e farelos. A cozinha também possui uma câmara fria, onde são armazenados os alimentos frescos, bem como outros itens da dieta dos animais.

O Centro também tem em suas dependências um galpão, com uma parte atuando como quarentena, e ainda quatro pavilhões de viveiros para manutenção de diferentes espécies de primatas neotropicais: macacos-prego (*Cebus* sp), macacos-de-cheiro (*Saimiri ustus*) e micos-estrela (*Callithrix penicillata*).

4.2. SUJEITOS E CONDIÇÕES DE MANUTENÇÃO

No presente estudo foram utilizados dezoito animais adultos da espécie mico-estrela (*Callithrix penicillata*; nove machos, nove fêmeas; idade: >18 meses), pesando entre 280 e 400 g no início do procedimento. Os micos foram mantidos em cativeiro no pavilhão de calitriquídeos do CPUUnB. Esse pavilhão é circundado por mata de galeria, permitindo a manutenção dos animais sob condições naturais de temperatura, luminosidade e umidade. Nem todos os sujeitos desse pavilhão foram inclusos no estudo, mas todos já faziam parte do plantel do CPUUnB, tendo sido repassados pelo IBAMA ou nascidos no próprio Centro há pelo menos 18 meses.

No presente, foram empregados apenas animais mantidos aos pares, podendo ser casais ou animais do mesmo gênero. Cada díade foi mantida em um viveiro-padrão para calitriquídeo do CPUUnB (1,3 m de largura x 2 m de profundidade x 2 m de altura). O pavilhão específico para calitriquídeos (Figuras 2 e 3) possui dois corredores, com doze viveiros cada, separados por um corredor central de segurança. Portanto, contato olfativo e audível era possível entre todos os membros desse pavilhão. Contato visual só era possível entre os animais alojados no lado oposto do corredor de segurança. Cada viveiro era formado por duas paredes laterais de concreto – compartilhadas por viveiros adjacentes, e tela metálica (malha: 2,5 cm²) formando a frente, o fundo e o teto dos recintos. O piso do viveiro era

formado por um estrato de terra coberto com areia lavada, coberto por uma camada de serragem.

O pavilhão estava coberto com telha Eternit® intercalada com telha transparente, situadas 50-100 cm acima da tela superior dos viveiros. Esse sistema de telha cobria todo o corredor central e dois terços de cada viveiro. A parte não coberta permitiu o acesso de raios solares e chuva. Cada viveiro foi provido com: uma caixa-ninho suspensa feita de bambu e forrada por dentro com um cobertor tipo flanela, vários poleiros de madeira em diferentes alturas formando um sistema de balanços fixados na tela superior, um suporte com recipiente de alumínio para alimento fresco, um tubo de alimentação em PVC pendurado do teto para ração seca, e um sistema de bebedouro automatizado para água.

A rotina alimentar e de manejo adotadas pelo CPUUnB, e que foram mantidas ao longo do estudo, estão em conformidade com o IBAMA. Durante o estudo os animais foram acompanhados por um médico veterinário, assim como, pesados e avaliados no início de cada mês.



Figura 2. Imagens do pavilhão de calitriquídeos do CPUUnB: (1) vista lateral; (2) vista da entrada; e (3) vista do corredor de segurança.

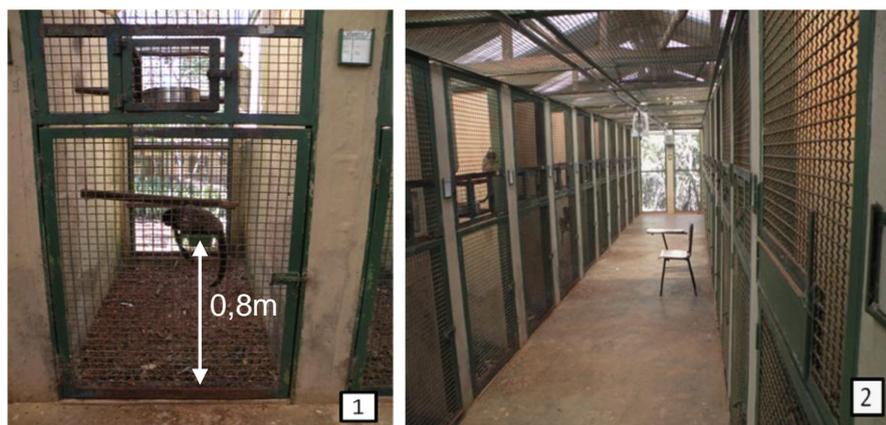


Figura 3. Imagens dos viveiros do pavilhão de calitriquídeos do CPUUnB: (1) vista de frente; e (2) vista do corredor de segurança partir da entrada.

4.3. ROTINA DE ALIMENTAÇÃO

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 07:30 h com frutas e verduras e às 14:00 h com frutas, grilos e larvas de tenébrio em dias alternados. Os alimentos frescos foram lavados em água corrente, cortados de acordo com um tamanho padrão para fácil manipulação, ingestão e fornecidos *ad libitum* aos micos-estrela em vasilhas circulares de alumínio. Os pedaços de alimento devem ser de fácil manipulação e ingestão dos animais, evitando o desperdício. A distribuição dos alimentos frescos foi feita respeitando o número de indivíduos por viveiro.

Os alimentos frescos fornecidos aos micos-estrela variou de acordo com a sua disponibilidade, incluindo banana, laranja, mamão, goiaba, manga, abobrinha, pepino e cenoura. Os alimentos vivos, como larvas de tenébrio e grilos eram produzidos no próprio CPUUnB. Além disso, foi fornecido água e ração para primatas *ad libitum*.

4.4. PREPARO DA GOMA

Neste estudo foram utilizados dois tipos de goma: 1) arábica – obtida por meio de doação de um fornecedor particular anônimo e 2) guar – disponibilizada pela empresa Doce Aroma (São Paulo/SP). Cada tipo de goma foi testada em três níveis de solução 50%, 25% e 15% (m/m). Como as gomas foram obtidas em pedaços com tamanho médio de 2,5 cm, cada amostra foi primeiro triturada com liquidificador industrial para a obtenção de um pó. Essa etapa foi essencial para gerar uma amostra estoque de cada tipo de goma que fosse de fácil pesagem e solubilização em água.

Em seguida, cada tipo de goma foi diluída para uma das três soluções desejadas. Para tanto, uma quantidade pré-determinada de goma triturada foi pesada, dentro de recipientes de aço inoxidável (9 cm de diâmetro, 5 cm de altura), usando uma balança eletrônica (Myra plus®, Soehnle, EUA). À goma triturada foi adicionada uma quantidade pré-estabelecida de água tridestilada (Quartex®), aquecida a 90°C, e a solução final homogeneizada manualmente com um bastão de vidro. Cada solução de goma foi disponibilizada aos micos nos mesmos recipientes de aço inoxidável usados no preparo da solução (Figura 4), encaixados em um suporte de madeira e metal pintado de verde. Os suportes foram fixados dentro dos viveiros, na tela frontal, a 0,8m do chão.

Para todas as soluções, foi ofertada uma quantidade acima do que se esperava ser ingerido pelos sujeitos de um mesmo viveiro, permitindo a pesagem exata da quantidade de solução consumida pelo grupo. A determinação da quantidade mínima de solução de goma a ser fornecida (120 mL) foi baseada em um

estudo piloto e as soluções foram preparadas em cada dia de teste (vide seção 4.5. *Procedimento Experimental* abaixo).

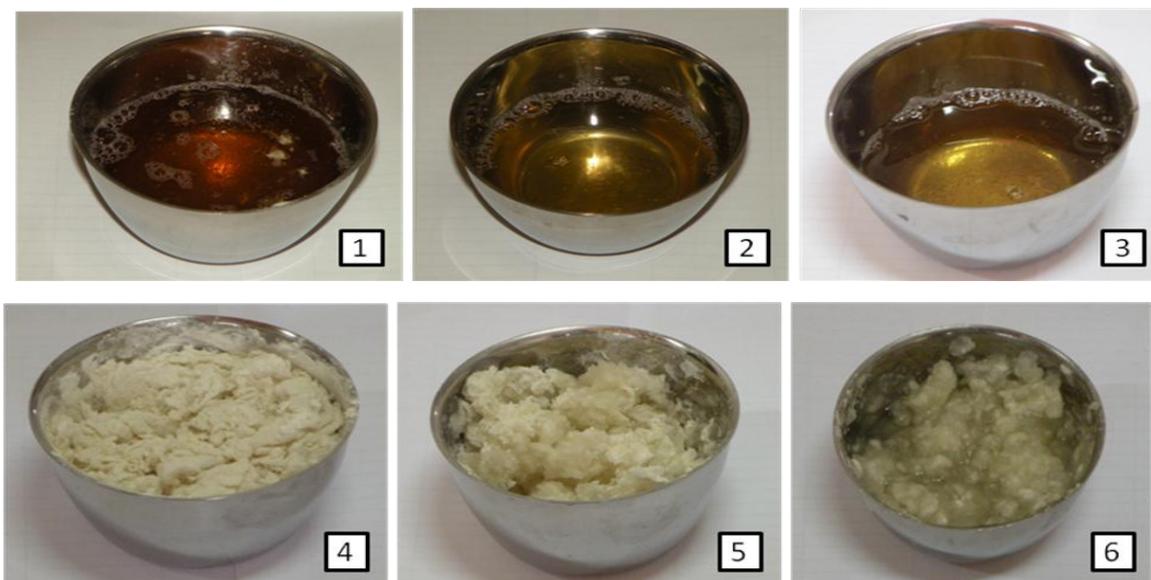


Figura 4. Imagens das soluções oferecidas aos micos-estrela nos recipientes de aço inoxidável: (1) solução goma arábica 50%; (2) solução goma arábica 25%; (3) solução goma arábica 15%; (4) solução goma guar 50%; (5) diluição goma guar 25%; e (6) goma guar solução 15%.

4.5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os micos-estrela foram divididos aleatoriamente em três grupos, dois grupos experimentais e um grupo controle. Ao grupo 1 (n=6) foi ofertada as três soluções de goma arábica (50%, 25% e 15%), ao grupo 2 (n=6) as três soluções de goma guar (50%, 25% e 15%) e ao grupo 3 (n=6) apenas a água tridestilada. Portanto, os sujeitos dos grupos 1 e 2 receberam a dieta de rotina (descrita acima) e a goma arábica/guar, enquanto que os animais do grupo 3 tiveram a dieta de rotina e água tridestilada (grupo controle). Animais do mesmo viveiro fizeram parte do mesmo

grupo experimental e foram submetidos, simultaneamente, ao mesmo procedimento. Além disso, todos os sujeitos foram testados em seus próprios viveiros de moradia e pesados no início e ao final do procedimento.

Para cada díade testada, foi fornecida a solução de goma arábica/guar ou água duas vezes por dia (07:30-08:30 h e 15:00-16:00 h) e três vezes por semana (segunda/quarta/sexta). Nos grupos que receberam goma, uma mesma solução foi avaliada três vezes. Portanto, independente do grupo experimental, cada sujeito foi submetido a um total de 18 sessões durante nove dias: nove realizadas pela manhã e nove à tarde. Além disso, em cada dia de observação, a ordem com que os pares foram testados variou aleatoriamente, não sendo necessariamente a mesma no período da manhã e da tarde. Para cada díade dos grupos 1 e 2, a ordem com que as três soluções foram disponibilizadas também variou aleatoriamente, não sendo necessariamente a mesma solução no turno matutino e vespertino em cada dia de teste.

Independente do grupo experimental, em cada dia de teste e para cada díade do estudo, foi realizada primeiramente a pesagem de todos os recipientes de aço inoxidável contendo os compostos a serem avaliados no período da manhã (solução goma ou água) com a balança eletrônica. Às 07:30 h, foi disponibilizada a amostra pré-estabelecida ao primeiro par a ser observado, conforme já descrito acima (vide seção 4.4. *Preparo da Goma*). Logo após a colocação da goma/água no viveiro, deu-se início a uma sessão de 5 min de observação dos comportamentos de interesse. Ao final desse intervalo, o mesmo procedimento foi sendo realizado nos viveiros subsequentes, de acordo com a ordem pré-estabelecida, até todos os pares serem avaliados. Após 30 min da colocação do recipiente com goma/água em cada viveiro, o mesmo foi retirado e pesado com a balança eletrônica, registrando-se a

quantidade remanescente do composto de interesse. Após a retirada do último recipiente com goma/água, realizada as 08:30 h, a alimentação de rotina foi disponibilizada a todos os viveiros participantes. O mesmo procedimento foi repetido às 15:00 h.

4.6. ANÁLISE DOS DADOS

Para cada sessão, foi registrada a quantidade de goma/água (em gramas) inicialmente fornecida a cada díade e a que sobrou no prato de inox após os 30-min pré-estabelecidos. A partir desses dados, foi calculada a quantidade de goma/água consumida (em gramas) por cada díade, subtraindo do valor inicial, o montante que ainda restava após a sessão. Considerando que cada solução de goma foi fornecida três vezes, de manhã e de tarde, o consumo foi considerado como a soma dessas três repetições em cada turno, independente do dia em que foi ofertado. A partir dos dados somados, foi obtido o valor médio do consumo/díade de cada grupo (arábica e guar), para cada solução (50, 25 e 15% m/m) e em cada horário (manhã e tarde). Ao grupo que foi ofertado apenas água, o consumo também foi calculado a partir da soma de três repetições. Mas, como nesse caso não houve diferentes soluções, foram empregadas no cálculo do somatório o consumo observado nas repetições 1-3, 4-6 e 7-9 como “equivalentes” às soluções 50, 25 e 15%, respectivamente, para cada horário.

Em cada sessão, também foi registrado nos primeiros 5-min após a colocação de goma/água: 1) o forrageamento, tempo despendido em segundos manipulando com as mãos e/ou ingerindo a goma ou água; e 2) a latência para o 1º consumo, intervalo de tempo em segundos entre a colocação da goma/água no

viveiro e o primeiro ato de ingestão do mesmo. Esses dois parâmetros, para cada sujeito testado, foram registrados pelo método focal contínuo no programa Etholog®

2.25. Animais de um mesmo viveiro foram observados simultaneamente, mas seu comportamento registrado individualmente. Além disso, no caso do forrageamento, o valor das três repetições realizadas de manhã e de tarde para cada solução testada foi somada. Já para a latência para o 1º consumo, foi calculada a média dos valores observados nas três repetições de cada solução e de cada horário. Para o grupo que recebeu água, foi realizado o mesmo procedimento descrito acima para o consumo, considerando a somatória no caso do forrageamento e a média no caso da latência para o 1º consumo.

Com o intuito de determinar a ocorrência de algum tipo de efeito de habituação/sensitização, ou seja, se o perfil de resposta observado foi devido ao fato dos animais se adaptarem às condições experimentais ao longo do estudo e não por causa do tipo de solução fornecido. Para tanto, também foi obtido o consumo/díade, o tempo de forrageamento e a latência para o 1º consumo de goma arábica ou guar no 1º e 9º (último) dia de teste, independente do tipo de solução que de fato foi ofertado aos animais naquele dia/horário.

Por fim, o peso de cada sujeito foi avaliado antes do início do experimento (peso inicial) e uma semana após a término de todas as sessões (peso final). Nesse caso foram utilizados os valores absolutos de cada sujeito.

4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de cada parâmetro foram inicialmente avaliados, independente do tipo de solução ou horário de teste, usando uma Análise de Variância de uma via

(*one-way* ANOVA) para amostras independentes. Essa análise visou identificar possíveis diferenças gerais entre os três grupos experimentais: água (controle), goma arábica e goma guar.

Em seguida, os dados da quantidade consumida de cada tipo de goma foram analisados de acordo com a solução/dia de teste e horário de experimento. Para tanto, foi empregado uma ANOVA de desenho misto, utilizando como fatores 'Grupo' (variável independente de 2 níveis: goma arábica e goma guar) e 'horário de teste' (medida repetida de 2 níveis: manhã e tarde) e um dos seguintes fatores: 'solução' (medida repetida de 3 níveis: 50, 25 e 15% m/m) ou dia de teste (medida repetida de 2 níveis: 1^o e 9^o dia). Os graus de liberdade foram corrigidos utilizando o método de Greenhouse-Geisser para determinar o valor de significância estatística do teste quando o critério de esfericidade não foi assumido. Porém, nos resultados apresentados abaixo foram descritos apenas os valores não-corrigidos. Quando resultados significativos foram obtidos, testes de *one-way* ANOVAs de medidas repetidas ou testes t-pareados foram realizados, sendo utilizado o método de Bonferroni para a correção do nível de significância nos procedimentos de comparações múltiplas.

Por fim, os dados de consumo total, forrageamento e latência para 1^o consumo, desconsiderando o horário de teste, também foram comparados usando o mesmo modelo de ANOVA de desenho misto descrito acima. Para todos os testes, o valor de significância estatística foi estabelecido em $p \leq 0,05$. Para cada parâmetro, os resultados estão expressos como a média dos valores e o erro padrão da média (+e.p.m.).

4.8. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O procedimento experimental descrito acima foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. Uma cópia do parecer encontra-se em anexo.

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE GERAL

Os dados observados ao longo de todo o estudo, para cada categoria avaliada (consumo de goma/díade, tempo de forrageamento e latência para o 1º consumo), foram inicialmente somados para uma análise geral preliminar (Figura 5). Essa análise visou determinar, independente da solução de goma e da hora do dia, possíveis diferenças gerais entre os três compostos testados: goma arábica, goma guar e água. Além disso, como não foram testadas diferentes soluções de água, essa análise inicial dos dados visou equalizar os resultados obtidos para cada composto, permitindo uma comparação entre os três grupos experimentais.

Nesse contexto, foi observado que, ao longo do estudo, a quantidade consumida/díade de cada composto testado diferiu significativamente ($F_{2,8}=30,00$; $p<0,01$). De fato, a análise *post hoc* revelou um consumo/díade significativamente maior da goma arábica, em comparação a goma guar e água ($p<0,01$). A água fornecida ao grupo controle não foi consumida durante as sessões experimentais. Já para o forrageamento, o tempo despendido nessa atividade durante os primeiros 5-min avaliados de cada sessão foi significativamente maior para os micos que receberam goma (arábica e guar), do que água ($F_{2,17}=8,38$; $p<0,01$). Os animais que receberam água não passaram tempo algum consumindo esse composto. Além disso, os grupos testados com as gomas apresentaram uma latência para o 1º consumo significativamente menor que os sujeitos que receberam água ($F_{2,17}=120,94$; $p<0,001$). Como na verdade não houve consumo de água pelos micos, o grupo controle obteve valores de 300 segundos para realizar o primeiro

consumo, tempo esse equivalente ao período máximo de observação após a colocação do composto.

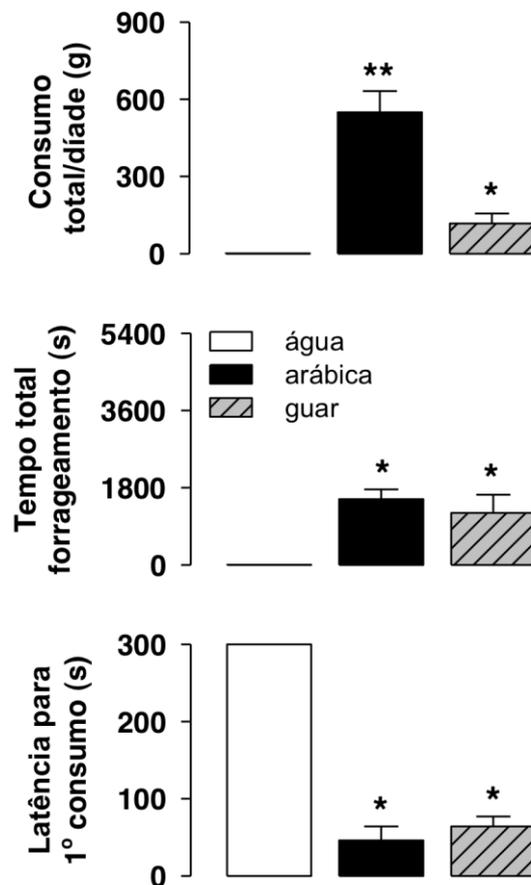


Figura 5. Média (+e.p.m.), ao longo de todo o estudo, do consumo total por díade em gramas (*em cima*), do tempo de forrageamento (*centro*) e da latência média para o primeiro consumo em segundos (*em baixo*), observados nos primeiros 5-min após a colocação de cada substância testada; n=6/grupo; *p<0,05 vs. água (controle), **p<0,05 vs. água e guar.

Uma vez que não houve consumo de água pelos sujeitos do grupo controle ao longo de todo o estudo, esse dado foi considerado como uma constante e, assim não incluído nas demais análises estatísticas realizadas. Porém, para uma melhor

visualização dos resultados obtidos, os dados desse grupo foram incluídos nas demais representações gráficas.

5.2. PERFIL DO CONSUMO DE ACORDO COM O HORÁRIO DE TESTE

Com o intuito de verificar um possível impacto do horário (manhã *versus* tarde) sobre as diferentes substâncias testadas e apresentadas aos micos, foi comparada a quantidade total de goma arábica e guar consumida/díade das 07:30-08:30 h e das 15:00-16:00 h para cada solução (50, 25 e 15% m/m) (Figura 6). Apenas a quantidade consumida/díade foi comparada entre os dois horários de teste, visto que esse parâmetro foi considerado essencial para verificar a palatabilidade e viabilidade de introdução desse item alimentar na dieta de micos-estrela cativos. O tempo de forrageamento e a latência para o 1º consumo foram considerados parâmetros secundários, sendo primeiro necessária a detecção do consumo *per se* pelos micos.

Contudo, para ambos os tipos de goma, o perfil de consumo/díade observado pela manhã não diferiu significativamente do que foi observado no período da tarde ($F_{1,4}=1,37$; $p=0,31$). Além disso, não houve diferença entre as soluções ($F_{2,8}=3,77$; $p=0,10$). Mas, a quantidade consumida/díade pelo grupo que recebeu goma arábica foi significativamente maior do que o grupo que recebeu goma guar ($F_{1,4}=22,41$; $p<0,01$), nos dois turnos avaliados. A diferença observada entre os grupos arábica e guar foi independente do horário de apresentação da goma, mas foi influenciada por qual solução foi ofertada, uma vez que a interação entre os fatores grupo x hora não foi significativa ($F_{1,4}=0,20$; $p=0,69$), mas entre grupo x solução foi ($F_{2,8}=6,05$; $p<0,05$).

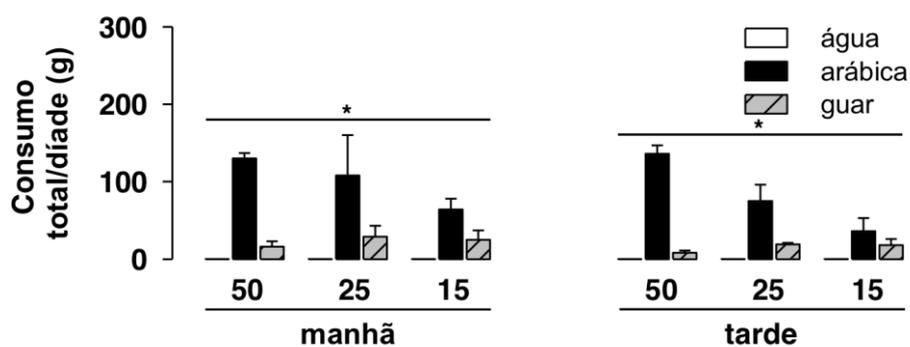


Figura 6. Média (+e.p.m.) do consumo total por díade em gramas observados nos primeiros 5-min após a colocação de cada uma das três soluções testadas de goma arábica e guar (50, 35 e 15% m/m), assim como de água, nos dois horários de teste ao longo do dia (07:30-08:30 e 15:00-16:00 h); n=6/grupo; *p<0,05 arábica vs. guar do respectivo horário.

Foi comparada também a quantidade total de goma consumida/díade das 07:30-08:30 e 15:00-16:00 h, de acordo com o dia de experimento (Figura 7). Essa análise visou determinar a ocorrência de algum tipo de efeito de habituação/sensitização, ou seja, se o perfil de resposta observado foi devido ao fato dos animais se adaptarem as condições experimentais ao longo do estudo e não por causa do tipo de solução fornecido. Para tanto, foi comparado o consumo/díade de goma arábica e guar no 1º e 9º (último) dia de teste, independente do tipo de solução que de fato foi ofertada aos animais naquele dia/horário.

Nessa análise, o perfil de consumo/díade observado pela manhã também não diferiu significativamente do que foi observado no período da tarde ($F_{1,4}=0,10$; $p=0,77$), assim como o perfil do 1º dia não foi diferente do 9º ($F_{1,4}=0,73$; $p=0,44$). Contudo, os animais do grupo arábica consumiram uma quantidade significativamente maior de goma do que aqueles que foram ofertados a goma guar ($F_{1,4}=16,33$; $p<0,05$). A diferença observada entre os dois grupos foi independente

dos fatores dia e hora, uma vez que não houve interação significativa entre os fatores grupo x dia ($F_{1,4}=0,73$; $p=0,44$) e grupo x horário ($F_{1,4}=0,09$; $p=0,77$).

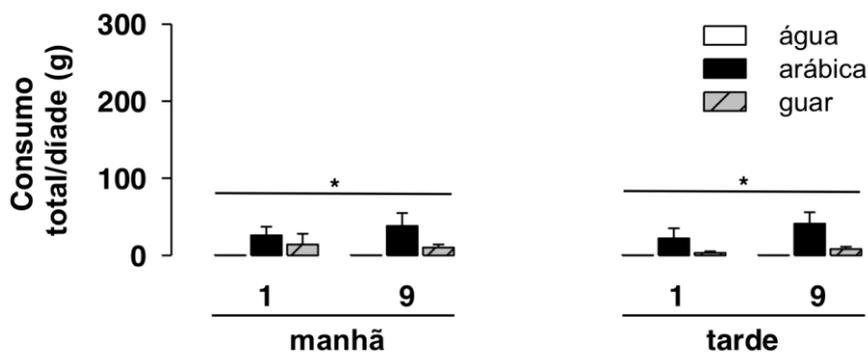


Figura 7. Média (+e.p.m.) do consumo total por díade em gramas observados nos primeiros 5-min após a colocação de goma arábica e guar, assim como de água, no 1º e 9º dia de teste (independente do tipo de solução fornecida) nos dois horários de teste ao longo do dia (07:30-08:30 e 15:00-16:00 h); $n=6$ /grupo; $*p<0,05$ arábica vs. guar do respectivo horário.

5.3. PERFIL DE RESPOSTA DE ACORDO COM O TIPO DE GOMA

A quantidade de goma consumida/díade, o tempo de forrageamento e a latência para o 1º consumo foram analisados em termos do nível de solução (50, 25 e 15% m/m), para os dois tipos de goma avaliados (Figura 8), visando estabelecer alguma preferência. De acordo com os resultados acima, os valores observados nos períodos da manhã e da tarde foram somados, sendo o resultado expresso agora por dia.

Nessa análise, a quantidade de goma consumida/díade pelos micos que receberam a goma arábica foi significativamente distinta dos que foram ofertados a goma guar ($F_{1,4}=22,41$; $p<0,01$), mas não houve um efeito significativo para o tipo de solução (50, 25 e 15% m/m; $F_{2,8}=3,77$; $p=0,10$). Vale ressaltar que foi detectada uma interação significativa entre o grupo experimental e o tipo de solução, indicando que

a diferença observada entre os animais que receberam goma arábica e guar dependeu de qual solução foi ofertada ($F_{2,8}=6,05$; $p<0,05$). Portanto, apenas para solução de 50% (m/m) ficou estabelecida uma quantidade consumida/díade de goma arábica significativamente maior do que de goma guar.

Já para o tempo de forrageamento, não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos que receberam goma ($F_{1,10}=0,43$; $p=0,53$), entre os três tipos de solução avaliados ($F_{2,10}=0,63$; $p=0,53$) ou uma interação entre esses dois fatores ($F_{2,20}=3,13$; $p=0,07$). O mesmo perfil de resposta também foi observado na latência para o 1º consumo (grupo: $F_{1,10}=0,70$; $p=0,42$; solução: $F_{2,10}=2,38$; $p=0,13$; interação: $F_{2,20}=1,81$; $p=0,20$).

Além disso, a quantidade de goma consumida/díade, o tempo de forrageamento e a latência para o 1º consumo também foram analisados, para os dois tipos de goma, em termos do dia de teste, independente do tipo de solução que foi de fato ofertado aos animais naquele dia/horário (Figura 9). Como mencionado acima, essa análise visou determinar se houve algum tipo de efeito de habituação/sensitização ao longo do estudo. De acordo com os resultados acima, os valores observados nos períodos da manhã e da tarde foram somados, sendo o resultado expresso agora por dia de teste, e especificamente o 1º e 9º dia.

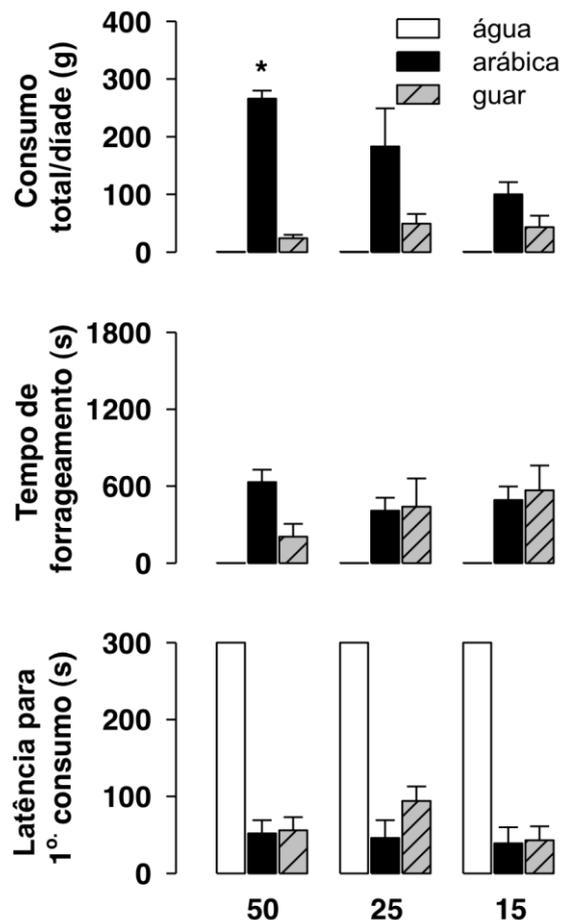


Figura 8. Média (+e.p.m.) do consumo total por díade em gramas (*em cima*), do tempo de forrageamento (*centro*) e da latência para o primeiro consumo em segundos (*em baixo*), observados nos primeiros 5-min após a colocação de cada uma das três soluções testadas de goma arábica e guar (50, 35 e 15% m/m), assim como de água, somando-se o período da manhã e da tarde; n=6/grupo; *p<0,05 vs. guar.

De acordo com perfil de consumo total/díade em relação às soluções testadas, a análise seguinte teve o intuito de determinar a possibilidade de correlação entre a quantidade de goma consumida/díade, para as soluções. Contudo, houve correlação positiva para os sujeitos que foram ofertados com goma arábica ($\rho=0,685$; n=9; $p<0,05$), para os sujeitos testados com goma guar, não foi encontrado correlação ($\rho=-0,318$; n=9; $p>0,05$).

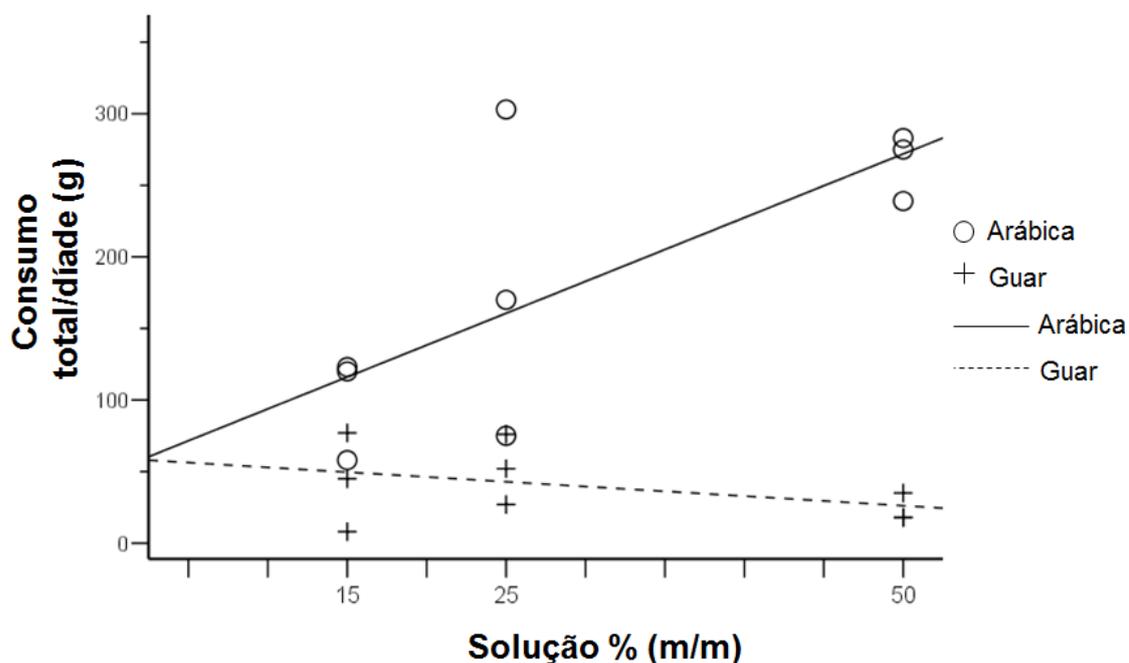


Figura 9. Correlação do consumo total díade em gramas, somando-se o período da manhã e da tarde; n=6/grupo; *p<0,05 vs. guar.

Assim, a quantidade de goma arábica consumida/díade foi significativamente maior que a de goma guar ($F_{1,4}=16,33$; $p<0,05$), não havendo efeito significativo para o fator dia de experimento ($F_{1,4}=0,73$; $p=0,44$). Vale ressaltar que, para esse parâmetro, não foi detectado uma interação significativa entre os fatores grupo e dia de experimento, sendo desta forma a diferença entre os grupos independente do dia de experimento ($F_{2,8}=0,73$; $p=0,44$).

Em termos do tempo de forrageamento, não foram observadas diferenças significativas entre os dois grupos que receberam goma ($F_{1,10}=1,63$; $p=0,23$), entre o 1º e 9º dia de teste ($F_{1,10}=4,15$; $p=0,07$) ou uma interação entre esses dois fatores ($F_{2,20}=1,76$; $p=0,21$). O mesmo perfil de resposta também foi observado na latência para o 1º consumo (grupo: $F_{1,10}=0,95$; $p=0,35$; dia: $F_{1,10}=0,12$; $p=0,74$; interação: $F_{2,10}=0,49$; $p=0,50$).

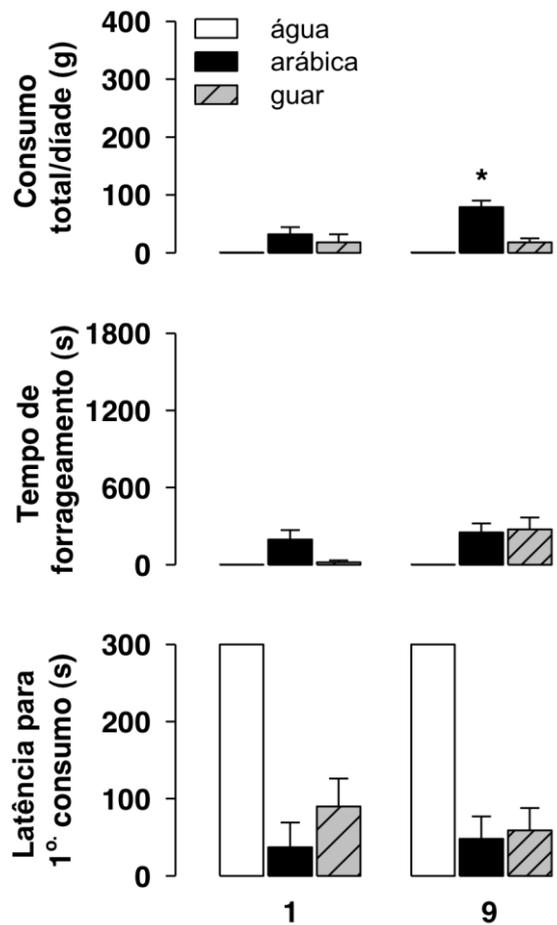


Figura 10. Média (+e.p.m.) do consumo total por díade em gramas (*em cima*), do tempo de forrageamento (*centro*) e da latência para o primeiro consumo em segundos (*em baixo*), observados nos primeiros 5-min após a colocação de goma arábica e guar, assim como de água, no 1º e 9º dia de teste (independente do tipo de solução fornecida), somando-se o período da manhã e da tarde; n=6/grupo; *p<0,05 vs. guar.

5.4. AVALIAÇÃO DO PESO

O peso dos sujeitos, obtidos antes e depois da realização do estudo, foram comparados, incluindo os dados do grupo de micos que receberam água ao longo do trabalho (Figura 10). Para esse parâmetro, não foram observadas diferenças significativas entre os três grupos ($F_{2,16}=2,97$; $p=0,08$), entre o peso inicial e final ($F_{1,16}=0,84$; $p=0,37$) ou uma interação significativa entre esses dois fatores ($F_{1,15}=3,57$; $p=0,06$).

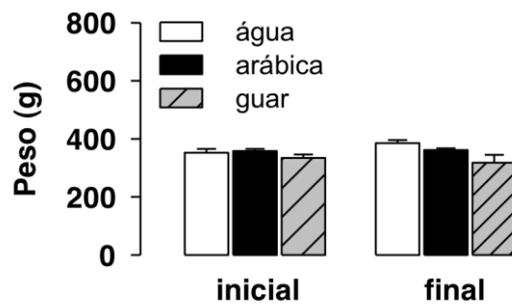


Figura 11. Peso médio (+e.p.m.), em gramas, dos micos de cada um dos três grupos experimentais observados antes e ao final do estudo; $n=6$ /grupo.

6. DISCUSSÃO

O presente estudo analisou a viabilidade de se fornecer goma na dieta de micos-estrelas mantidos em cativeiro no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília. Buscou-se identificar, essencialmente, alguma preferência quanto ao tipo de goma – arábica ou guar, nível de solução de cada goma e horário de fornecimento, além do impacto que isso poderia ter sobre o peso dos animais. É importante avaliar a viabilidade e os ganhos clínicos obtidos com a implementação de novas estratégias de manejo, principalmente em se tratando de animais relevantes para a experimentação biomédica, pois gera uma melhor fidedignidade e extrapolação dos resultados obtidos.

6.1. PERFIL DE RESPOSTA DE ACORDO COM O TIPO DE GOMA

O provimento de diferentes tipos de goma aos micos-estrela mantidos em ambiente de cativeiro demonstrou ser uma estratégia viável de enriquecimento alimentar, visto que esse recurso foi prontamente consumido pelos animais em níveis significativamente maiores que a solução controle contendo apenas água. Esse último, na verdade, nem foi consumido pelos micos. Segundo o NRC (63), a modulação do consumo do alimento para primatas parece estar relacionada à necessidade energética do animal, associada a concentração disponível na dieta. Outra possível forma de modulação da ingestão parece ser a concentração plasmática de glicose e insulina gerada pela dieta (64).

Contudo, ao comparar os dois tipos de goma fornecidos aos micos, ficou evidente a existência de uma preferência pela goma arábica em detrimento da goma guar. Em geral, a quantidade consumida foi significativamente maior no grupo que recebeu a goma arábica do que no que foi ofertado a goma guar. Um nível maior de consumo da goma arábica versus a guar também foi detectada ao analisar a quantidade consumida no primeiro e último dia de experimento, reforçando a sugestão inicial da existência de uma preferência.

Esse consumo diferenciado pode ter ocorrido em resposta à diversos fatores, a exemplo das características inerentes de cada goma. Nesse sentido, a goma arábica – em todos os três níveis de solução testado – foi de mais fácil solubilização na água destilada, apresentando uma consistência mais homogênea e líquida. A goma guar, por sua vez, demonstrou ser menos hidrossolúvel, tendo ao final do seu preparo um aspecto mais heterogêneo, fibroso e de consistência pegajosa. Quanto menor o teor de água na solução, a exemplo da 50% m/m de goma:água, mais evidente foram essas características. Outro fator de distinção entre os dois tipos de goma diz respeito ao seu odor, tendo a goma arábica um aroma marcante e semelhante ao mel (em termos de percepção humana), enquanto que a goma guar não apresentou um cheiro perceptível para o experimentador. Dependendo da solução, a goma arábica também tinha uma coloração que variou de um tom marrom avermelhado ao amarelo claro e a goma guar um aspecto esbranquiçado.

Vale ressaltar, porém, a falta de uma palatabilidade marcante para ambas as gomas. Esse fator também foi observado para rações específicas para primatas, incluindo a de calitriquídeos (65). Segundo esses autores, a espécie *C. jacchus* apresentou uma preferência por determinados tipos de sabores, embora a adição dos mesmos como palatilizantes para ração de primata não ter aumentado

significativamente o consumo desse alimento. Os mesmos autores mostraram-se confiantes de que certos sabores são fortemente preferidos pelos micos, mas que a adição apenas disso à dieta pode ser insuficiente para garantir uma melhor palatabilidade.

Apesar da preferência dos micos por goma arábica, o tempo despendido realizando o comportamento de forrageamento não diferiu entre os animais que receberam goma arábica e guar, independente da solução. Ao comparar o tempo de forrageamento entre o primeiro e último dia de teste, também não houve diferença nos níveis observados de ambos os tipos de goma. Para a água, empregada como controle, não foi gasto tempo para seu forrageamento, em consonância com o fato da mesma não ter sido consumida. Portanto, embora os sujeitos tenham consumido uma maior quantidade de goma arábica que guar, o mesmo intervalo de tempo durante os primeiros 5-min após o fornecimento da goma foi dedicado a procura, manipulação e ingestão desses dois alimentos. Esse resultado deve ser interpretado de forma cautelosa, uma vez que apenas os primeiros 5-min de cada sessão foram observados, não tendo-se o perfil de consumo para os demais 25-min.

Entretanto, o tempo dedicado ao forrageamento da goma guar pode ter sido o mesmo que da arábica devido à consistência que a primeira apresentou após ser solubilizada em água. Conforme mencionado acima, a goma guar tinha um aspecto heterogêneo e fibroso, semelhante ao do “miolo de pão”. Isso fez com que os sujeitos testados com essa goma gastassem uma parcela do tempo de forrageamento manipulando, e principalmente mastigando esse alimento. Por outro lado, os sujeitos testados com a goma arábica puderam ser mais eficientes, consumindo maiores quantidades no mesmo intervalo de tempo, visto que esse tipo

de goma apresentou um aspecto homogêneo e líquido após a sua solubilização em água. Com essa consistência, a necessidade de mastigação foi mínima.

Contudo, existem relatos indicando alimentos de consistência mais pegajosa/mastigável (p. ex. *marshmallow*) como sendo altamente preferidos por *C. jacchus* (65). Portanto, novos estudos, considerando a consistência do alimento, deverão ser realizados para melhor avaliar a influência desse fator no consumo de goma, e possivelmente outros recursos alimentares.

A latência para o primeiro consumo também não diferiu entre os dois tipos de goma, independente do nível de solução ou se foi fornecido no primeiro ou último dia do experimento. Como a água não foi consumida, a latência para o primeiro consumo correspondeu, na verdade, ao tempo máximo da sessão de observação (300 s). Segundo Day e cols. (66), o forrageamento do gênero *Callithrix* parece ser norteado primariamente por estímulos visuais. Os dois tipos de goma testados no presente estudo apresentaram características distintas, sendo marrom/amarelado para a arábica e esbranquiçada para a guar. Mas, sabe-se que animais neofílicos, como os calitriquídeos, são rápidos na abordagem e na exploração de alimentos novos (53), (66), podendo esse fator ter contribuído para o resultado observado na latência para o primeiro consumo. Os micos podem ter sido estimulados, em um primeiro momento, pela curiosidade e por uma estratégia de forrageamento típica da espécie no decorrer do experimento, o que resultou em uma latência semelhante entre os grupos testados com goma.

Estímulos ambientais externos são considerados fatores de possível influência em análises de alguns parâmetros, como a latência para o primeiro consumo e o tempo de forrageamento. Considerando que os viveiros no CPUUnB possuem uma estrutura aberta, permitindo contato visual com outros animais que

transitam ao redor do pavilhão, incluindo co-específicos, presas (p. ex., insetos) e predadores, momentos de excitação ou distração podem ocorrer, influenciando o nível de duração mensurado.

Em termos dos três diferentes níveis de solução (50, 25 e 15% m/m goma:água). Foi observada correlação positiva entre as soluções e a goma arábica. Nesse sentido, conforme a proporção de água para goma arábica foi aumentando, o nível de consumo foi diminuindo. Por outro lado, o perfil visto em termos desse mesmo parâmetro para a goma guar foi o oposto – quanto maior a proporção de água para goma na solução, maior a quantidade consumida. Contudo, Herron (55) não observou diferenças entre quatro tipos de soluções de goma arábica, sendo que a forma de preparo diferiu da que foi realizada no presente estudo.

A goma arábica, especificamente, apresentou uma maior facilidade de diluição em água em relação à goma guar, conforme mencionado acima, apresentando uma consistência mais líquida e homogênea. Mas, dentre as três soluções testadas para esse tipo de goma, a de 50% m/m foi mais consumida que as demais, sendo nela a viscosidade maior. A goma produzida pelas espécies vegetais utilizadas por micos-estrela de vida livre varia entre a consistência líquida e viscosa (28). A primeira tem sido sugerida como de difícil consumo quando o animal está posicionado de forma vertical, agarrado ao tronco da árvore. Considerando que após a escarificação da árvore o mico lambe o orifício por onde a planta libera a goma, a mesma em uma consistência mais líquida escorre facilmente pelo tronco, requerendo um maior esforço e destreza para o seu consumo. Em uma forma mais densa e viscosa, a goma não escorre pelo tronco e tende a ser ingerida mais facilmente. Além disso, o maior teor de goma na solução de 50% m/m gerou uma coloração de mais fácil percepção e um aroma mais acentuado, podendo esses

fatores também terem contribuído para o seu maior consumo, comparado as demais.

Em compensação, a goma guar demonstrou ser menos hidrossolúvel, gerando uma solução goma/água de aspecto heterogêneo, fibroso e pegajoso. Por conseguinte, quanto menor o teor desse tipo de goma na solução, mais fácil foi o seu manuseio e ingestão. Então, a solução de 15% de goma guar foi mais consumida pelos micos, comparada as demais, apesar de não atingir níveis significativos. Essa mesma facilidade na solução 50% m/m também pode ter refletido sobre o maior tempo gasto forrageando. Portanto, baseado nos resultados do presente estudo, sugere-se que em trabalhos futuros soluções com proporções menores de goma guar e maiores da arábica sejam utilizadas para maximizar o consumo desse item alimentar.

6.2. PERFIL DE RESPOSTA DE ACORDO COM O HORÁRIO DE TESTE

O horário específico de fornecimento de um suplemento de goma na rotina alimentar de micos-estrela mantidos em cativeiro não parece ser um fator de grande relevância. Nesse sentido, a quantidade total de goma consumida no período das 07:30 às 08:30 h não diferiu significativamente da que foi ingerida entre 15:00 e 16:00 h, independente do tipo específico de goma. Portanto, para essa espécie, o fornecimento possivelmente pode ser feito tanto pela manhã, como a tarde, o que facilita a utilização desse recurso alimentar pois flexibiliza seu provimento de acordo com a rotina específica de cada criadouro.

Para avaliação do impacto do horário de fornecimento da goma foi empregado apenas o parâmetro da quantidade total consumida por dia. Esse foi

considerado o ponto chave para determinar a viabilidade de se introduzir a goma na dieta dos micos, uma vez que o tempo de forrageamento e a latência para o primeiro consumo estão inerentemente associados ao consumo *per se*. Caso não houvesse consumo, o tempo despendido forrageando e a latência para o primeiro consumo corresponderiam ao mínimo e máximo de duração de cada sessão de observação, respectivamente. Tal fato foi observado no caso do grupo controle que recebeu apenas água em todas as sessões, conforme mencionado acima – não houve consumo, o tempo de forrageamento foi igual a zero e a latência para o primeiro consumo foi de 300 s.

O fato de não haver diferença entre a quantidade de goma consumida de manhã e de tarde se assemelha ao perfil observado em indivíduos de vida livre. O mico-estrela, assim como outros animais especializados na extração de goma, não demonstra um horário exclusivo para o consumo de goma e comportamento de escarificação (55); (33). Esse recurso é consumido logo cedo de manhã e ao final do dia. Ingestão de goma/escarificação mais frequente também foi observada em populações de vida livre de *C. jacchus* das 6:00 – 7:00 h e 17:00 – 18:00 h (67). Na espécie *Cebuella pygmaea*, um primata neotropical com adaptações morfológicas do trato gastrointestinal para gomivoria semelhantes às dos micos, um pico no consumo de goma foi relatado para as primeiras horas de atividade (6:00 – 7:00 h), enquanto que a escarificação foi mais intensa no final do dia (17:00 – 18:00 h) (68). Vale ressaltar que, em espécies neotropicais não adaptadas especificamente para a gomivoria (ex: *Saguinus* sp. e *Leontopithecus* sp.), o consumo parece ocorrer apenas no final do dia como uma possível estratégia para maximizar a quantidade de energia obtida desse alimento (por ex. 69).

6.3. AVALIAÇÃO DO PESO

O acompanhamento do peso corpóreo é um importante parâmetro na avaliação de novas estratégias de manejo, principalmente em se tratando de alterações na rotina alimentar de animais cativos (70). Esse acompanhamento pode ser feito de forma mais pontual ou crônico, dependendo da espécie sendo estudada e do nível de modificação sendo implementado (70).

No presente estudo, com a introdução da goma arábica e guar na dieta de micos-estrela mantidos em cativeiro, não foram detectadas diferenças significativas entre o peso corporal inicial e final dos sujeitos, nem entre os grupos experimentais (inclusive o controle que recebeu apenas água). Para animais adultos dessa espécie, o peso esperado para um animal saudável é de no mínimo 250 g, podendo chegar a 400 g (70). Os sujeitos empregados nesse estudo já apresentavam um peso inicial bem acima desse mínimo.

Vale ressaltar que o período de fornecimento de goma, ao longo de todo o estudo e para cada sujeito, totalizou seis sessões de 30-min cada. Esse intervalo de exposição pode ter sido insuficiente para influenciar a massa corpórea dos micos testados com goma. O alimento deve compor a dieta dos animais por um período maior do que o praticado no estudo e/ou ser fornecido de forma mais intensa (p. ex. todos os dias).

Além disso, vantagens da introdução de um alimento – a exemplo da goma – pode influenciar outros aspectos clínicos e/ou comportamentais, sem necessariamente induzir alterações no peso dos sujeitos (71). Portanto, novos estudos empregando outros indicadores e um período maior de avaliação deverão

ser realizados para melhor determinar o impacto da introdução de goma na dieta de calitriquídeos mantidos em cativeiro.

6.4. PERSPECTIVAS

Os resultados do presente estudo mostram que o procedimento realizado é uma ferramenta útil para avaliar a preferência alimentar de micos-estrela cativos, e possivelmente outras espécies de calitriquídeos. Entretanto, as importantes diferenças observadas nos resultados sugerem que, alguns aspectos metodológicos podem influenciar a preferência alimentar e principalmente, alguns indicadores comportamentais. Dentre esses, destacando-se no presente estudo estão: o tipo de solução e suas características (cor, textura, palatabilidade), o uso de palatilizantes, os ambientes físico e social, e os melhores indicadores clínicos e comportamentais a serem mensurados. Novos estudos avaliando esses fatores são necessários para melhor esclarecer o comportamento alimentar de primatas neotropicais cativos.

Estudos, como o presente trabalho, buscam desenvolver novas técnicas e estratégias de manejo para manutenção de primatas em ambiente de cativeiro, seja qual for a finalidade específica da colônia. Várias dessas técnicas/estratégias visam, na verdade, resgatar comportamentos semelhantes aos demonstrados por indivíduos de vida livre, possibilitando assim a criação desses animais de forma mais natural e garantir o seu bem-estar.

Nesse contexto, vários são os estudos que apontam a relevância da gomivoria para os membros da família Callitrichidae, a qual influencia aspectos do seu comportamento social e sua ecologia alimentar, morfologia, estratégia de

fORAGEAMENTO, dentre outros (71). Esses pequenos primatas passam em média 30% do seu tempo ativo a procura de alimento (29), podendo a gomivoria representar até 70% da dieta de algumas espécies de calitriquídeos (5); (28); (9). A goma faz parte integral da vida dos micos de vida livre, presente independente das variações sazonais. Além disso, a obtenção da goma pelos micos consiste numa exploração direta desse recurso, o que facilita a análise dos comportamentos associados a esse tipo de alimento.

O mico-estrela é uma espécie ímpar na avaliação da gomivoria, uma vez que possui adaptações morfológicas e fisiológicas que favorecem a obtenção e o aproveitamento energético de goma. Essa espécie possui uma das maiores taxas estimadas de gomivoria, sendo 50% do seu tempo ativo destinado a essa atividade (29).

Ressalta-se ainda que a ecologia alimentar não só pode, como também deve ser avaliada em animais cativos. Dados obtidos dessa forma podem auxiliar na elucidação de questões ainda não esclarecidas sobre animais de vida livre, assim como contribuir para um melhor manejo das populações cativas. Mas, para isso, faz-se necessário o fornecimento de alimentos semelhantes aos que normalmente são consumidos por indivíduos selvagens. Com o uso de alimentos mais naturais, estimula-se a manifestação de hábitos e comportamentos de forrageamento específicos da espécie, bem como a interação social entre indivíduos de um mesmo grupo. O contato com alimentos frescos também é fundamental para que esses animais expressem alguns comportamentos associados ao forrageamento, como mastigação e olfação.

Na natureza existe uma grande variedade de plantas que podem fornecer exsudatos semelhantes aos que fazem parte da dieta dos micos de vida livre.

Entretanto, algumas necessitam ser beneficiadas para então serem adequadas ao consumo. Por isso, todo esforço na busca por fontes alternativas, que sejam nutritivas e potenciais substitutos dos alimentos tipicamente encontrados por indivíduos de vida livre, é válido.

7. CONCLUSÕES

No presente estudo sobre a viabilidade de se introduzir a goma na rotina alimentar de micos-estrela (*Callithrix penicillata*) adultos mantidos em cativeiro no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília foi observado que:

- a goma arábica e guar foram prontamente consumidas pelos animais em níveis significativamente maiores que uma solução controle contendo apenas água;
- micos-estrela possuem um perfil de consumo diferenciado entre a goma arábica e guar, com preferência pela goma arábica;
- não houve, em geral, uma preferência por uma das soluções testadas das gomas arábica e guar;
- o horário específico de fornecimento de goma na rotina alimentar dos micos não parece ser um fator de grande relevância, visto que a quantidade total de goma consumida de manhã não diferiu significativamente da que foi ingerida a tarde, independente do tipo específico de goma;
- não houve alteração significativa na massa corpórea dos sujeitos ao longo do estudo;
- o provimento de diferentes tipos de goma aos micos-estrela mantidos em ambiente de cativeiro demonstrou ser uma estratégia viável de enriquecimento alimentar.

8. REFERÊNCIAS

- (1) Hershkovitz P. Living New World Monkeys (Platyrrhini). Chicago, USA: The University Chicago Press 1977.
- (2) Stevenson MF, Rylands AB. The marmosets genus *Callithrix*. In: Mittermeier A, ed. Ecological and Behaviour of Neotropical Primates. Washington: World Wildlife Foundation 1988:131-222.
- (3) Rylands AB, Schneider H, Langguth A, Mittermeier RA, Grooves CP, Rodriguez-luna E. An assesment of the diversity of the new world primates. Neotropical Primates. 2000:61-93.
- (4) Sussman RW. Primate ecology and social structure. *New World Monkeys*: Needham, Heights, Pearson custom 2000:207.
- (5) Rylands AB, Farias DS. Habitats, feeding, ecology and home-range size in the genus *Callithrix*. In: Rylands AB, ed. *Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour and Ecology*. Oxford: Oxford University Press 1993:262-72.
- (6) Castro CSS. Tamanho da área de vida e padrão do uso do espaço em grupos de sagüis *Callithrix jacchus* (Linnaeus) (Primates, Callitrichidae). Revista Brasileira de Zoologia. 2003:91-6.

(7) Passamani M. Uso de arvores gomíferas por *Callithrix penicillata* no Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. Boletim Museu de Biologia Mello Leitão. 1996:25-31.

(8) Farias DS. Tamanho, composição de um grupo e área de vivencia (home-range) do sagui *Callithrix jacchus* e *Callithrix penicillata* na mata ciliar do córrego da capetinga, Brasília, Distrito Federal. In: Mello MT, ed. *A Primatologia no Brasil*. Brasília: Sociedade Brasileira de Primatologia 1986:87-105.

(9) Miranda GHB, Farias DS. Ecological aspects of black-picelled marmoset (*Callithrix penicillata*) in the cerradão and dense cerrado of de Brazilian central plateau. *Brazilian Journal of Biology*. 2001:397-404.

(10) Dunbar RIM. The mating system of Callitrichid primates: I. Conditions for the coevolution of pair bonding and twinning. *Animal Behaviour*. 1995:1057-70.

(11) Abbott DH, Barrett J, George LM. Comparative aspects of the social suppression of reproduction in female marmosets and tamarins. In: Rylands AB, ed. *Marmosets and Tamarins: Systematics, Behaviour and Ecology*. Oxford: Oxford University Press 1993:152-63.

(12) French JA, Brewer KJ, Schaffner CM, Schalley J, Hightower-Meritt D, Smith T, Bell SM. Urinary steroid and gonadotropins excretion across the reproductive cycle in female Wied's black tufted-ear marmosets (*Callithrix kuhli*). *American Journal of Primatology*. 1996:231-45.

(13) Leutenegger W. Maternal-fetal weight relationships in primates. *Folia Primatologica*. 1973:280-93.

(14) Yamamoto ME. From dependence to sexual maturity: the behavioural ontogeny of Callitrichidae. In: Rylands AB, ed. *Marmosets and tamarins systematics, behaviour and ecology*. Oxford: Oxford University Press 1993:235-54.

(15) Vivo M. ed. Taxonomia de *Callithrix Erxleben, 1777* (Callitrichidae, Primates). Belo Horizonte, MG: Fundação Biodiversitas 1991.

(16) Vilela SF, Farias DS. Dieta de *Callithrix penicillata* (Primates, Callitrichidae) em áreas de cerrado no Distrito Federal, Brasil. *Neotropical Primates*. 2002:17-20.

(17) Bicca-Marques JC. Hand specialization, sympatry, and mixed-species associations in callitrichines. *Journal of Human Evolution*. 1999:349–78.

(18) Nickel DA, Heymann EW. Predation on Orthoptera and other orders of insects by tamarin monkeys, *Saguinus mystax mystax* and *Saguinus fuscicollis nigrifrons* (Primates: Callitrichidae), in north-eastern Peru. *Journal Zoology of London*. 1996:799-819.

(19) Verbeken D, Dierckx S, Dewettinck K. Exudate gums: occurrence, production, and applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2003:10-21.

(20) Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca, USA: Cornell University Press 1994.

(21) Power ML, Oftedal OT. Differences among captive callithrichids in the digestive responses to dietary gum. *American Journal of Primatology*. 1996:131-44.

(22) Robinson CH. Basic nutrition and diet therapy. 4 ed. Macmillan, New York 1980.

(23) Smith AC. Composition and proposed nutritional importance of exudates eaten by saddle-back (*Saguinus fuscicollis*) and mustached tamarins (*Saguinus mystax*) *International Journal of Primatology*. 2000:69-83.

(24) Garber PA, Teaford MF. Body weights in mixed species troops of *Saguinus mystax mystax* and *Saguinus fuscicollis nigrifrons* in Amazonian Peru. *American Journal of Primatology*. 1986:331-6.

(25) Power ML, Tardif SD, Layne DG, Schulkin J. Ingestion of Calcium Solutions by Common Marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology*. 1999:255-61.

(26) Coimbra-Filho AF, Mittermeier RA. Exudate eating and tree gouging in marmosets. *Nature*. 1976;262:630.

(27) Martins MM, Setz EZ. Diet of buffy tufted-eared marmosets (*Callithrix aurita*) in forest fragments in southeastern Brazil. *International Journal of Primatology*. 2000:467-76.

(28) Lacher Jr TE, Fonseca GAB, Alves Jr C, Magalhães-Castro B. Parasitism of trees by marmosets in a central brazilian gallery forest. *Biotropica*. 1984:202-9.

(29) Harrison ML, Tardif SD. Social implications of gummivory in marmosets. *American Journal of Physical Anthropology*. 1994:399-408.

(30) Rylands AB. Habitat and the evolution of social and reproductive behavior in Callitrichidae. *American Journal Primatology*. 1996:5-18.

(31) Coimbra-Filho AF, Rocha NC, Pissinati A. Morfofisiologia do ceco e sua correlação com o tipo odontológico em Callitrichidae (Platyrrhini, Primates). *Revista Brasileira de Biologia*. 1980:177-85.

(32) Mello TM. Atividade roedora do *Callithrix penicillata* (sagui, mico estrela). In: Mello MT, ed. *A Primatologia no Brasil*. Brasília: Sociedade Brasileira de Primatologia 1986:107-30.

(33) Canale G, Braga A, Gondim L, Santee D. Seqüência de comportamentos de *Callithrix penicillata* durante a gomivoria. In: Ferrari SF, Rímoli,

J. ed. *A Primatologia no Brasil*. Aracaju: Sociedade Brasileira de Primatologia, Biologia Geral e Experimental – UFS 2008.

(34) Garber PA. Vertical clining, small body size, and the evolution of feeding adaptations in the callithrichinae. *American Journal of Physical Anthropology*. 1992:469-482.

(35) Scalon CE, Cruz MAOM, Rylands AB. Exploração de exsudatos vegetais pelo sagui-comum, *Callithrix jacchus* In: Rylands AB, Bernardes, A.T, ed. *A Primatologia no Brasil*: Fundação Biodiversitas 1991:197-205

(36) Farias DS. Aspectos gerais do comportamento de *Callithrix jacchus penicillata* em mata ciliar do cerrado. In: Mello MT, ed. *A primatologia do Brasil*. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Primatologia 1984.

(37) Michels AM. Sex differences in food acquisition and aggression in captive common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Primates*. 1998:549-56.

(38) Koenig A. Competition for resources and its behavioural consequences among female primates. *International Journal of Primatology*. 2002:759-83.

(39) Box HO. Foraging strategies among male and female marmosets and tamarins (Callitrichidae): new perspectives in an underexplored area. *Folia Primatologica*. 1997:296-306.

(40) Tardif SD, Richer CB. Competition for desired food in family groups of the common marmosets (*Callithrix penicillata*) and the cotton top tamarin (*Saguinus oedipus*). *Laboratory Animal Science*. 1981:52-5.

(41) Nievergelt CM, Martin RD. Energy intake during reproduction in captive common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Physiology and Behaviour*. 1999:849-854.

(42) Lopes FA, Yamamoto ME, Medeiros IS, Delgado KVC. A influência do estado reprodutivo da fêmea na competição por alimento no sagui comum (*Callithrix jacchus*). *Anais de Etologia*. 1997:35-43.

(43) Rowe N. *The pictorial guide of the Living Primates*. Charlestown, Rhode Island: Pogonias Press 1996.

(44) Canton JM, Hill DM, Hume ID, Crook GA. The digestive strategy of the common marmoset, *Callithrix jacchus*. *Comparative Biochemical Physiology*. 1996:1-8.

(45) Miraglia TL, Ledoux L, Branco ALC. Histological and histochemical data on the intestinal tract of the marmoset (*Callithrix jacchus*). *Acta Anatomy*. 1967:459-72.

(46) Knapka JJ, Barnard DE, Bayne KAL, Lewis SM, Marriot R, Oftedal O. Nonhuman primates in biomedical research: biology and management. San Diego: San Diego, Academic Press 1995.

(47) Rennie AE, Buchanan-Smith HM. Refinement of the use of non-human primates in scientific research. Part II: housing, husbandry and acquisition. *Animal Welfare*. 2006:215-38.

(48) Snowdon CT. Naturalistic environments and psychological well-being. In: Novak MA, Petto AJ, ed. *Through the Looking Glass: Issues of Psychological Well-Being in Captive Non-Human Primates*. Washington DC: American Psychological Association 1991:103-15.

(49) Pyle DA, Bennett AL, Zarcone TJ, Turkkan JS, Adams RJ, Heinz RD. Use of two food foraging devices by singly housed baboons. *Laboratory Primate Newsletter*. 1996:10-5.

(50) Wright BW. A novel item enrichment program reduces lethargy in orangutans. *Folia Primatologica*. 1995:214-8.

(51) Snowdon CT, Savage A. Psychological well-being of captive primates: general considerations and examples for callitrichids. In: Segal EF, ed. *Housing, Care and Psychological Well being of Captive and Laboratory Primates*. New Jersey, USA: Noyes Publications Inc 1989:75-89.

(52) Vitale A, Queyras A. The response to novel foods in Common marmosets (*Callithrix jacchus*): the effects of different social contexts. *Ethology*. 1997:395-403.

(53) Adessi E, Chiarotti F, Visalberghi E, Anzenberger G. Response to novel food and the role of social influences in Common Marmosets (*Callithrix jacchus*) and Goeldi's Monkeys (*Callimico goeldii*). *American Journal of Primatology*. 2007:1210-22.

(54) Herron S, Price E, Wormell E. Feeding gum arabic to New World monkeys: species differences and palatability. *Animal Welfare*. 2001:249-56.

(55) Freitas ABR, Cavalcanti, OA. Goma Guar como Excipiente em Matrizes Hidrofílicas: Avaliação do Índice de Hidratação. *Acta Farmacology Bonaerense*. 2004:334-8.

(56) Codagnone AF, Hechenleitner AAW, Pineda EAG, Cavalcanti AO. Goma Guar Fosfatada: Potencial Excipiente no Desenvolvimento de Filmes Isolados de Etilcelulose. *Acta Farmacology Bonaerense*. 2004:448-52.

(57) Kitchen AM, Martin AA. The effects of cage size and complexity on the behaviour of captive common marmosets, *Callithrix jacchus jacchus* *Laboratory Animal Science*. 1995:317-26.

(58) Smith JA, Boyd KM. The boyd group of papers on: the use non-human primates in research and testing. *Animal Technology and Welfare*. 2003:89-110.

(59) Sá LMR. Síndrome do emagrecimento progressivo dos calitriquideos-processo de má absorção semelhante a doença celíaca humana-caracterização clínica, laboratorial e anatomopatológica. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2004.

(60) Pereira L, Melo A. Observações sobre criação de *Callithrix penicillata* em cativeiro. In: Mello TM, ed. *A Primatologia no Brasil*. Brasília: Sociedade Brasileira de Primatologia 1984.

(61) Mansfield K. Marmoset Models Commonly Used in Biomedical Research. *Comparative Medicine*. 2003:383-92.

(62) Barros M, Tomaz C. Non-human primate models for investigating fear and anxiety. *Neuroscience Biobehaviour Review*. 2002:187-201.

(63) Council NR. Nutrient Requirement of Nonhuman Primates. 2 Revised ed. Washington, DC: National Academies Press 2003.

(64) Stasieniuk EVZ, Ferreira WM, Saad FMOB, Machado PAR, Donatti RV, Coelho CCGM, Alves GM, Vilela VMJ, Machado ALC, Silva NAM. Avaliação do consumo voluntario de rações para sagui-de-tufo-preto. Congresso Nacional de Zootecnia; 2009; Águas de Lindóia, São Paulo: Associação Brasileira de Zootecnistas; 2009:1-5.

(65) Caldwell CA, Watson CFE, Morris KD. Exploiting flavour preferences of common marmosets to increase palatability of a dry pellet diet. *Applied Animal Behaviour Science*. 2009:244-9.

(66) Day RL, Coe RL, Kendal JR, Laland KN. Neophilia, innovation and social learning: a study of intergeneric differences in callitrichid monkeys. *Animal Behaviour*. 2003:559-71.

(67) Alonso CLA. Ecologia e comportamento de *Callithrix jacchus* (Primates: Callitrichidae) numa ilha de floresta atlântica. *Revista Nordestina de Biologia*. 1989:105-37.

(68) Ramirez MF, Freese CH, Revilla J. Feeding ecology of the pygmy marmoset, *Cebuella pygmaea*, in Northern Peru. In: Kleiman D, ed. *The Biology and Conservation of the Callitrichidae*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press 1977:91-104.

(69) Heymann EW, Smith AC. When to Feed on Gums: Temporal Patterns of Gummivory in Wild Tamarins, *Saguinus mystax* and *Saguinus fuscicollis* (Callitrichinae). *Zoo Biology*. 1999:459–71.

(70) Goldizen AW, Terborgh J, Cornejo F, Porras DT, Evans R. Seasonal food shortage, weight loss, and the timing of births in saddle-back tamarins (*Saguinus fuscicollis*). *Journal Animal Ecology*. 1988:893–901.

(71) Peters VM, Guerra MO. Growth of marmoset monkeys *Callithrix jacchus* in captivity. *Folia Primatologica*. 1998:266–72.

9. ANEXOS

9.1. DECLARAÇÃO DO CEUA