

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Inferências sobre a preferência alimentar e a influência vitamínica na dieta de morcegos nectarívoros

Paulo Rogerio Torezani

Vitória, ES

Março, 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Inferências sobre a preferência alimentar e a influência vitamínica na dieta de morcegos nectarívoros

Paulo Rogerio Torezani

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal.

Orientador(a): Albert David Ditchfield

Vitória, ES

Março, 2018

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

T678i Torezani, Paulo Rogerio, 1992-
Inferências sobre a preferência alimentar e a influência vitamínica na dieta de morcegos nectarívoros / Paulo Rogerio Torezani. - 2018.
39 f. : il.

Orientador: Albert David Ditchfield.
Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Morcegos nectarívoros. 2. Vitaminas. 3. Preferência alimentar. 4. Dieta. 5. Açúcares. 6. Concentração de nutrientes. I. Ditchfield, Albert David. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

Paulo Rogerio Torezani

“Inferências sobre a preferência alimentar e a influência vitamínica na dieta de morcegos nectarívoros”

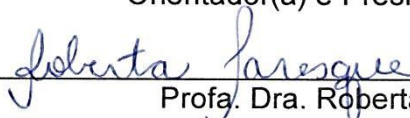
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Animal.

Aprovada em 11 de abril de 2018.

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Albert David Ditchfield (UFES)
Orientador(a) e Presidente da Comissão



Profa. Dra. Roberta Paresque (UFES)
Examinador(a) interno(a)



Profa. Dra. Sílvia Ramira Lopes Caldara (ESFA)
Examinador(a) externo(a)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Albert David Ditchfield que aceitou o desafio de orientar um aluno até então completamente desconhecido. Agradeço pela generosidade, a paciência e a confiança em mim. E agradeço, em especial, por dividir comigo sua grande sabedoria e inteligência.

Aos meus professores da graduação Dr. Vilácio Caldara Jr. e Sílvia Ramira Lopes Caldara por terem me apresentado o mundo dos morcegos e por terem sido a ponte que me conduziu ao mestrado.

Aos professores Dra. Roberta Paresque, Dr. Sílvia Ramira Lopes Caldara, Dr. Vilácio Caldara Júnior e Dr. Sérgio Lucena Mendes que aceitaram o convite para participar da banca examinadora de dissertação.

Aos professores do PPGBAN, por se fazerem presentes e solícitos neste momento único de formação e, especialmente ao professor Dr. Yuri Luiz Reis Leite, obrigado pela grande ajuda no momento de elaboração e execução do projeto de pesquisa.

Aos meus pais Rogerio Ângelo Torezani e Adriana Maestrini da Silva Torezani por sempre apoiarem minha decisão de dar prosseguimento aos meus estudos. A minha avó Emília Locatelli Torezani pelo apoio incondicional, moralmente e financeiramente, principalmente quando precisei morar longe de minha cidade.

A minha namorada Jaqueline Reckel da Silva, por ser a válvula de escape nos momentos de cansaço e nervosismo, pela compreensão em minhas ausências, pelo apoio nos momentos de indecisão.

Aos meus grandes amigos Monique Perini, Wellinton Prattes e Nelson Túlio Lage Pena pela cumplicidade e companheirismo de sempre. Agradeço por estarem sempre presente, mesmo na ausência de corpo.

Aos colegas que me acompanharam em campo: Bruna Malavazi Dell' Antonio, Isadora Cavalcante Barbatto e João Felipe Moreira de Souza. Agradeço pelo empenho, coleguismo e dedicação.

Aos colegas da turma de 2016 do PPGBAN, pelas calorosas e importantes discussões. Ao lado de vocês, pude me sentir cada dia mais pesquisador.

Aos meus queridos alunos e alunas, aos quais leciono com tanta gratidão, obrigado por me darem, diariamente, a certeza de nunca me esquecer que, por mais que eu seja um pesquisador, acima de tudo, sou um professor.

Ao Instituto Nacional da Mata Atlântica, por ter aberto as portas para minha pesquisa, dando o suporte necessário para que esta acontecesse.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação (Capes/MEC), pela concessão da bolsa de mestrado e pelo recurso financeiro (PROAP) utilizado para campos e compra de material.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho, muito obrigado.

Sumário

Lista de Gráficos.....	6
Resumo.....	7
Abstract.....	9
Introdução.....	11
Materiais e Métodos.....	13
Resultados.....	18
Discussão.....	24
Referências Bibliográficas.....	32

Lista de Gráficos

Gráfico A: Número de visitas em bebedouros com soluções de glicose, sacarose e frutose durante as amostragens.....	18
Gráfico B: Volume ingerido em bebedouros com soluções de glicose, sacarose e frutose durante as amostragens.....	19
Gráfico C: Número de visitas em bebedouros com soluções em diferentes concentrações de sacarose.....	20
Gráfico D. Volume ingerido de soluções em diferentes concentrações em cada amostragem.....	20
Gráfico E: Número de visitas em bebedouros com soluções com adição de vitamina B12 e vitamina C.....	21
Gráfico F. Volume ingerido das soluções com adição de vitamina B12 e vitamina C.....	22

Resumo

A relação entre plantas e morcegos polinizadores é bem conhecida dentre a literatura. Os morcegos polinizadores da região Neotropical pertencem a família Phyllostomidae que inclui morcegos frugívoros (e.g., Subfamília Stenodermatinae) e nectarívoros (e.g., Subfamília Glossophaginae). No Brasil, 74 espécies destes morcegos estão presentes. A diversidade na composição química de flores e frutos relacionada aos grupos de nectarívoros e frugívoros é ilustrada pela variação das diferentes quantidades de açúcares encontradas em suas polpas e néctares. Esta relação entre a preferência dos polinizadores/dispersores e a variação da composição/concentração de açúcares tem inspirado vários trabalhos relacionados ao tema. A maioria destes estudos se baseou na hipótese de que os morcegos do Novo Mundo preferem os açúcares de néctar e frutos que normalmente ingerem no ambiente natural. Grande parte dos estudos sugeriu que são necessários novos estudos buscando encontrar possíveis fatores nutritivos associados ao néctar, além da composição/concentração de açúcares. Partindo deste pressuposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a preferência alimentar de morcegos nectarívoros por soluções açucaradas com diferentes composições/concentrações e adição de vitaminas. Para isso, foi testado o tipo de açúcar preferido por morcegos nectarívoros; a concentração de açúcar preferida por morcegos nectarívoros e a adição de vitaminas para saber se esta influencia ou altera a preferência alimentar de morcegos nectarívoros. A metodologia utilizada envolveu testes de preferência alimentar, utilizando bebedouros artificiais, que foram subdivididos em três etapas: composição de açúcares (sacarose, frutose e glicose), concentração de açúcares (baixa, média e alta) e adição de vitaminas (vitamina C e vitamina B12). As diferenças na preferência alimentar sobre os tipos de soluções foram inferidas a

partir da contagem de visitas dos morcegos em cada bebedouro bem como a análise da quantidade de solução ingerida. Este estudo foi realizado no Parque Florestal do Instituto Nacional da Mata Atlântica (Santa Teresa-ES). Os resultados deste estudo concluem que morcegos nectarívoros desenvolvem um comportamento preferencial pelo açúcar sacarose, em detrimento de monossacarídeos como frutose e glicose (hexoses), o que refuta a hipótese de que estes mesmo preferem o açúcar encontrado normalmente no néctar floral. Em relação a concentração, pôde-se constatar que, como esperado e apontado por outros trabalhos, a concentração ótima preferida é aquela encontrada no néctar floral (20%), contudo, alternativamente, concentrações maiores e menores podem ser ingeridas. Sobre a preferência baseada na presença/ausência de vitaminas, constatou-se que os quirópteros preferem soluções de néctares que contenham estes tipos de micronutrientes, sugerindo, inclusive que são capazes de identifica-los durante o forrageio.

Abstract

The relation between plants and pollinating bats is well known among the literature. The pollinating bats of the Neotropical region belong to the Phyllostomidae family which includes frugivorous bats (e.g., Subfamily Stenodermatinae) and nectarivores (e.g., Glossophaginae Subfamily). In Brazil, 74 species of these bats are present. The diversity in the chemical composition of flowers and fruits related to nectarivore and frugivorous groups is illustrated by the variation of the different amounts of sugars found in their pulps and nectars. This relationship between the preference of the pollinators / dispersers and the variation of the composition / concentration of sugars has inspired several works related to the theme. Most of these studies were based on the hypothesis that New World bats prefer the nectar sugars and fruits they normally ingest in the natural environment. Most of the studies suggested that new studies are needed to find possible nutritional factors associated with nectar, as well as the composition / concentration of sugars. Based on this assumption, the objective of this study was to evaluate the alimentary preference of nectarivorous bats for sugary solutions with different compositions / concentrations and addition of vitamins. For this, the type of sugar preferred by nectarivorous bats was tested; the preferred sugar concentration by nectarivorous bats and the addition of vitamins to determine if this influences or alters the feeding preference of nectarivorous bats. The methodology used involved food preference tests using artificial drinkers, which were subdivided into three stages: composition of sugars (sucrose, fructose and glucose), concentration of sugars (low, medium and high) and addition of vitamins (vitamin C and vitamin B12). Differences in dietary preference over the types of solutions were inferred from the number of visits of bats in each drinking fountain as well as the analysis of the amount of solution ingested. This study was carried out in the Forest

Park of the National Institute of the Atlantic Forest (Santa Teresa-ES). The results of this study conclude that nectarivorous bats develop a preferential behavior for sugar sucrose, to the detriment of monosaccharides such as fructose and glucose (hexoses), which refutes the hypothesis that they even prefer sugar normally found in floral nectar. In relation to the concentration, it was observed that, as expected and pointed out by other studies, the preferred optimum concentration is found in floral nectar (20%), however, alternatively, larger and smaller concentrations can be ingested. Regarding preference based on the presence / absence of vitamins, it was found that chiroptera prefer solutions of nectars containing these types of micronutrients, suggesting that they are able to identify them during foraging.

Introdução

A relação entre plantas e morcegos polinizadores é bem conhecida dentre a literatura. Cerca de 250 espécies destes animais são parcial ou totalmente dependentes de plantas como fonte de alimento, sendo a maior parte pertencente a família Phyllostomidae (Fleming, 1988 apud Mendes, 2008).

Segundo Koopman (1993), os morcegos filostomídeos estão divididos em oito subfamílias: Glossophaginae, Phyllonycterinae, Lonchophyllinae, Brachyphyllinae, Carollinae, Stenodermatinae, Phyllostominae e Desmodontinae. Destas, apenas a última subfamília não explora néctar e pólen como fontes de alimento (Mendes, 2008).

As flores que são polinizadas por morcegos, normalmente reúnem características em comum (Faegri e van der Pijl, 1971 apud Mendes, 2008) e geralmente exibem adaptações que permitem interações com morcegos nectarívoros, os quais são recompensados com néctar ao visitar essas flores (Tschapka e Dressler, 2002). Os morcegos polinizadores da região Neotropical pertencem a família Phyllostomidae (Nowak, 1991 apud Mendes, 2008) que inclui morcegos frugívoros (e.g., Subfamília Stenodermatinae) e nectarívoros (e.g., Subfamília Glossophaginae). No Brasil, 74 espécies destes morcegos estão presentes (Eisenberger e Redford, 1999 apud Oliveira, 2006).

A diversidade na composição química de flores e frutos relacionada aos grupos de nectarívoros e frugívoros é ilustrada pela variação das diferentes quantidades de açúcares encontradas em suas polpas e néctares (Herrera, 1999). Esta relação entre a preferência dos polinizadores/dispersores e a variação da composição/concentração de açúcares tem inspirado vários trabalhos relacionados

ao tema (e.g., Herrera, 1999; Rodriguez-Peña et al, 2007; Roces, Winter e Helversen, 1993; Coleman e Downs, 2012; Ayala-Berdon et al, 2008).

A maioria destes estudos se baseou na hipótese de que os morcegos do Novo Mundo preferem os açúcares de néctar e frutos que normalmente ingerem no ambiente natural e que esta preferência pode atuar como força seletiva que mantém a composição/concentração de açúcares nas plantas (Martínez del Río et al, 1992 apud Herrera, 1999) do Novo Mundo que, por sua vez, possuem néctares com baixos valores do dissacarídeo sacarose e quantidades mais elevadas dos monossacarídeos glicose e frutose (Baker e Baker, 1982 apud Herrera, 1999; Scogin, 1985 apud Herrera, 1999).

Herrera (1999), que avaliou a preferência por concentrações/composições de açúcares em três espécies de morcegos (os frugívoros *Sturnira liliium* e *Artibeus jamaicensis* e o nectarívoro *Anoura geoffroyi*), verificou que houve preferência pela sacarose em relação a frutose e glicose em seus experimentos. Rodriguez-Peña et al (2007) relataram que os morcegos utilizados em seu estudo (*Leptonycteris curasoae* e *Glossophaga soricina*) não mostraram preferência por monossacarídeos (glicose e frutose) em relação a sacarose, comportando-se indiferentes diante da composição de açúcares. Este resultado é parecido com o encontrado por Coleman e Downs (2012). Ayala-Berdon et al, 2008 também constataram que a composição dos açúcares presente no alimento dos morcegos (neste estudo, *Leptonycteris curasoae*, *Glossophaga soricina* e *Artibeus jamaicensis*) não influencia diretamente na preferência, porém, alertam para o fato de que a concentração do açúcar (independente deste ser mono ou dissacarídeo) é um fator importante na escolha pelo alimento, principalmente quando se leva em conta a capacidade digestiva da espécie (Saldaña-Vazquez et al, 2015).

Rodriguez-Peña et al (2007) e Ayala-Berdon et al (2008) sugeriram que são necessários novos estudos buscando encontrar possíveis fatores nutritivos associados ao néctar, além da composição/concentração de açúcares, que influenciem na seleção alimentar de morcegos nectarívoros obrigatórios ou não. Partindo deste pressuposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a preferência alimentar de morcegos nectarívoros por soluções açucaradas com diferentes composições/concentrações e adição de vitaminas. Para isso, foi testado o tipo de açúcar preferido por morcegos nectarívoros; a concentração de açúcar preferida por morcegos nectarívoros e a adição de vitaminas para saber se esta influencia ou altera a preferência alimentar de morcegos nectarívoros.

Materiais e Métodos

I-Área de estudo

Santa Teresa está localizada a cerca de 80 km da capital Vitória, é uma cidade montanhosa e repleta de vegetação. A latitude e a longitude muito influenciam no clima da região, tanto quanto a extensa Mata Atlântica que ocupa grande parte de seu território (INCAPER, 2011). Lá está localizado o Instituto Nacional da Mata Atlântica (antigo Museu de Biologia Professor Mello Leitão), fundado pelo naturalista, patrono da Ecologia no Brasil, Augusto Ruschi. O instituto conta com uma grande diversidade de espécimes coletadas, viveiros, pavilhões de botânica e ornitologia, além de uma extensa área de vegetação preservada de Mata Atlântica.

Dentro da área (parque florestal) do INMA, “bebedouros” (alimentadores plásticos) com soluções de sacarose são distribuídos para atração de beija-flores (colibris), facilitando sua observação pelos visitantes e eventuais pesquisadores.

Durante a noite, observou-se que, na ausência dos colibris, os morcegos nectarívoros passam a se alimentar do restante das soluções contidas nos bebedouros de forma intensa. A visitação de quirópteros relatada pelos pesquisadores que já estiveram no parque do INMA, à noite, foi confirmada através de um estudo piloto realizado na área.

II-Identificação das espécies visitantes

As espécies de quirópteros que, habitualmente, frequentam os bebedouros foram identificadas a partir de observação direta, registro vídeo-fotográfico e captura/soltura.

As coletas para identificação de espécies frequentadoras aconteceram 4 (quatro) vezes por estação (seca e chuvosa), totalizando 8 (oito) coletas. A identificação por sazonalidade nos permitiu perceber se diferentes espécies de morcegos visitam os bebedouros ao longo do ano. Duas (2) redes de neblina foram abertas em cada noite de amostragem, dispostas estrategicamente em locais de onde os bebedouros ficam distribuídos. Foram postas ao entardecer e recolhidas ao final da observação. As redes eram conferidas a cada 30 minutos.

A identificação por gênero foi feita através da chave “Morcegos do Brasil” (Reis et al., 2013).

Todos os morcegos que foram capturados nas redes próximas aos bebedouros pertencem ao gênero *Glossophaga sp.*

III-Análise da composição natural do néctar

Para o preparo correto das soluções, foi realizada uma intensa pesquisa sobre composição de néctares naturais de plantas da Mata Atlântica, especialmente

as, notoriamente, visitadas por morcegos. Os trabalhos de Helversen e Reyer (1984) e Estevão (2009) detalham a composição e concentração de néctares florais de muitas famílias de plantas neotropicais e serviram de base para definirmos a concentração dita “normal” das soluções, a fim de aproximarmos com o néctar natural das flores.

A partir da concentração “normal” foi possível definir as concentrações baixa e alta, que também foram usadas em trabalhos que testaram diferentes concentrações de açúcares para morcegos, como Ayala-Berdon et al (2008).

IV-Testes de preferência alimentar

Os testes de preferência alimentar foram subdivididos em três etapas: composição de açúcares (sacarose, frutose e glicose), concentração de açúcares (baixa, média e alta) e adição de vitaminas (vitamina C e vitamina B12).

Cada tipo de teste durou 4 (quatro) meses, totalizando 12 (doze) meses de experimentos. Foram feitas duas amostragens mensalmente, cada uma com duração de 6 (seis) horas (18h00min-00h00min). O horário escolhido para realização dos testes baseou-se no pico de visitação observado na área de alimentação por bebedouros. Em cada tipo de teste foram utilizados 9 (nove) bebedouros por amostragem, totalizando 72 (setenta e dois) bebedouros no fim de cada período, que ao longo de 12 (doze) meses somaram 216 (duzentos e dezesseis) bebedouros. O tempo total de amostragem foi de 144 horas.

As diferenças na preferência alimentar sobre os tipos de soluções foram inferidas a partir da contagem de visitas dos morcegos em cada bebedouro bem como a análise da quantidade de solução ingerida, já que estes são

volumetricamente graduados. A capacidade volumétrica de cada bebedouro é de 220 ml.

A preparação das soluções açucaradas foi realizada de acordo com dados disponíveis na literatura: Estevão (2009); Helversen e Reyer (1984).

Teste de preferência por tipo de açúcar

Inicialmente, foi avaliada a preferência alimentar dos morcegos em relação à composição química (tipo) do açúcar nas soluções. Foram feitos testes para a preferência a sacarose, frutose e glicose.

Como o objetivo deste teste é verificar o tipo de açúcar preferido pelos morcegos, foi mantida a concentração equivalente (20%) em todas as soluções, independente da composição. Esta concentração padrão foi obtida a partir dos dados levantados na literatura.

Teste de preferência por concentração de açúcar

No segundo período de testes, foi avaliada a preferência alimentar dos morcegos em relação à concentração de açúcares. Testou-se a preferência por concentração baixa (5%), média (20%) e alta (50%).

Os testes de preferência por concentração de açúcar foram elaborados de acordo com o resultado do açúcar preferido na primeira etapa (teste por tipo de açúcar), ou seja, a sacarose, como é mostrado nos resultados.

Teste de preferência por adição de vitaminas

No terceiro período de testes, avaliou-se a preferência alimentar dos morcegos em relação à adição de vitaminas nas soluções açucaradas. Foi testada a preferência por presença/ausência das vitaminas B12 e C.

Inicialmente, foram escolhidas as vitaminas B12, C e D para os testes, porém, o caráter lipossolúvel da vitamina D inviabilizou seu uso em soluções aquosas.

Os critérios de escolha das vitaminas foram:

- a) Morcegos nectarívoros precisam recorrer à insetivoria para suprir as deficiências em vitamina B12. Estudos têm comprovado que morcegos frugívoros e insetívoros, quando mantidos em cativeiros, sem disponibilidade de insetos para ingerir ocasionalmente, podem desenvolver doenças nervosas (neuropatia) em decorrência da deficiência de vitamina B12 (Brennan, M. J. W. et al. 1981);
- b) Morcegos (assim como primatas) não são capazes de sintetizar vitamina C devido à ausência de atividade da oxidase de L-gulonolactone (Gulo), a enzima que catalisa o último passo na biossíntese da vitamina em seus fígados (Birney et al. 1976; Milton e Jenness 1987);

Estes testes por adição de vitaminas foram realizados utilizando o açúcar sacarose em concentração de 20%, de acordo com os resultados obtidos nos testes anteriores.

V-Análise de dados

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando o pacote estatístico PAST (versão 2.15 para Windows), desenvolvido por Hammer et al (2001). Para descrição dos dados, foram calculados parâmetros de estatística básica: média,

desvio padrão, valores mínimo e máximo e tamanho da amostra para cada experimento.

A partir da análise estatística básica, foram construídos gráficos que descrevem o número de visitas, bem como o volume ingerido por solução em cada amostragem, para melhor compreensão dos resultados obtidos.

A significância das diferenças foi testada e comparada por ANOVA e Teste de Tukey. Nestes testes foram inclusos os dados das variáveis número de visitas (em cada solução, em cada concentração e com adição de vitaminas), bem como o volume ingerido em cada uma das situações. Os dados apresentaram normalidade não sendo necessária a transformação. Foram considerados níveis de significância inferiores a 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Os testes de preferência por tipo de açúcar mostraram um maior número de visitas dos morcegos em bebedouros com soluções de sacarose (dissacarídeo) em relação aos com soluções de monossacarídeos (frutose e glicose) como mostra o gráfico A. Em nenhuma das oito amostragens o número de visitas em bebedouros com glicose ultrapassou o número de visitas em bebedouros com soluções de sacarose. O mesmo se aplica às visitas aos bebedouros com frutose, em nenhuma das amostragens demonstradas no gráfico elas ultrapassaram o número contabilizado nos bebedouros com sacarose. Contudo, vale ressaltar que quando somadas, as visitas aos bebedouros com soluções de monossacarídeos (frutose ou glicose) são superiores às visitas aos bebedouros com soluções de dissacarídeos (sacarose).

O gráfico A também mostra que entre os meses de julho e agosto, o número geral de visitas aos bebedouros de qualquer tipo de solução cai notoriamente, porém, mantendo as proporções de visitas como explicado acima.

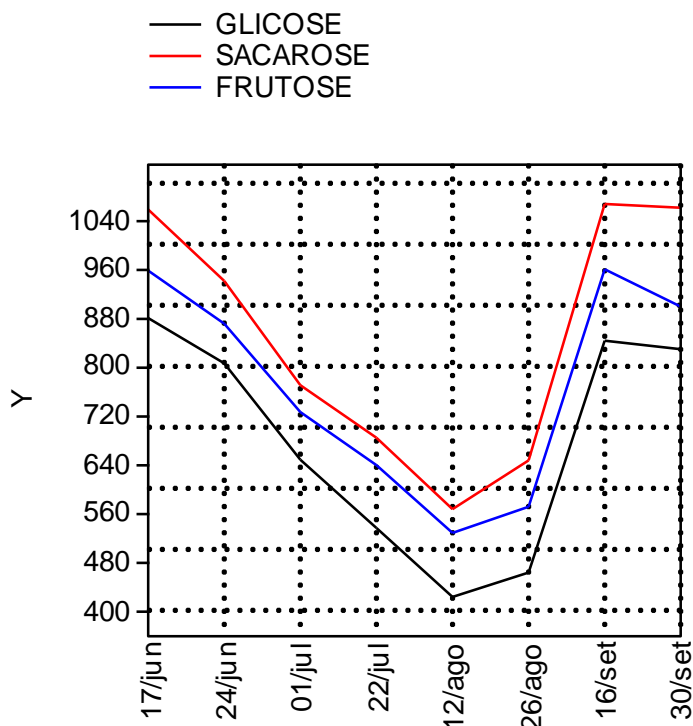


Gráfico A: Número de visitas em bebedouros com soluções de glicose, sacarose e frutose durante as amostragens.

Os dados volumétricos obtidos pela medição da quantidade de solução açucarada ingerida também corroboram os resultados mostrados no gráfico A. O gráfico B mostra uma menor ingestão das soluções de frutose e glicose em relação a ingestão de soluções com sacarose dissolvida. Novamente, faz-se necessário reforçar que, quando somados, os volumes de soluções com monossacarídeos (frutose ou glicose) ingeridos pelos morcegos são superiores ao volume de soluções com dissacarídeo (sacarose) ingerido.

A diferença encontrada no volume ingerido de soluções com sacarose é significativa ($p < 0,05$) em relação ao volume ingerido de soluções com glicose e frutose.

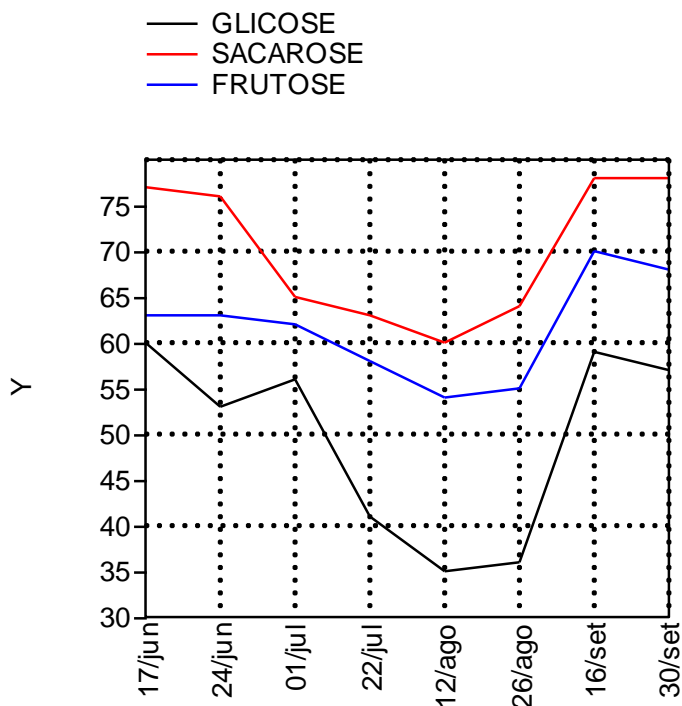


Gráfico B: Volume ingerido em bebedouros com soluções de glicose, sacarose e frutose durante as amostragens.

Em relação a concentração de açúcar na solução, os gráficos indicaram um maior número de visitas aos bebedouros que continham soluções de sacarose com concentração considerada “normal” (média). Os bebedouros com soluções em alta concentração foram mais visitados do que os com baixa concentração de açúcares, como mostra o gráfico C. A diferença encontrada no número de visitas aos bebedouros com concentrações médias é significativa ($p < 0,05$) em relação às concentrações alta e baixa.

A estatística descritiva também mostra que a soma das médias de visitas a bebedouros com alta e baixa concentração não ultrapassam a média de visitas aos bebedouros com soluções normais (20%), ratificando a significância dos resultados.

Os resultados das medições de ingestão de soluções com diferentes níveis de concentração dão suporte ao número de visitas, mantendo as devidas proporções, estas demonstradas melhor no gráfico D, a seguir.

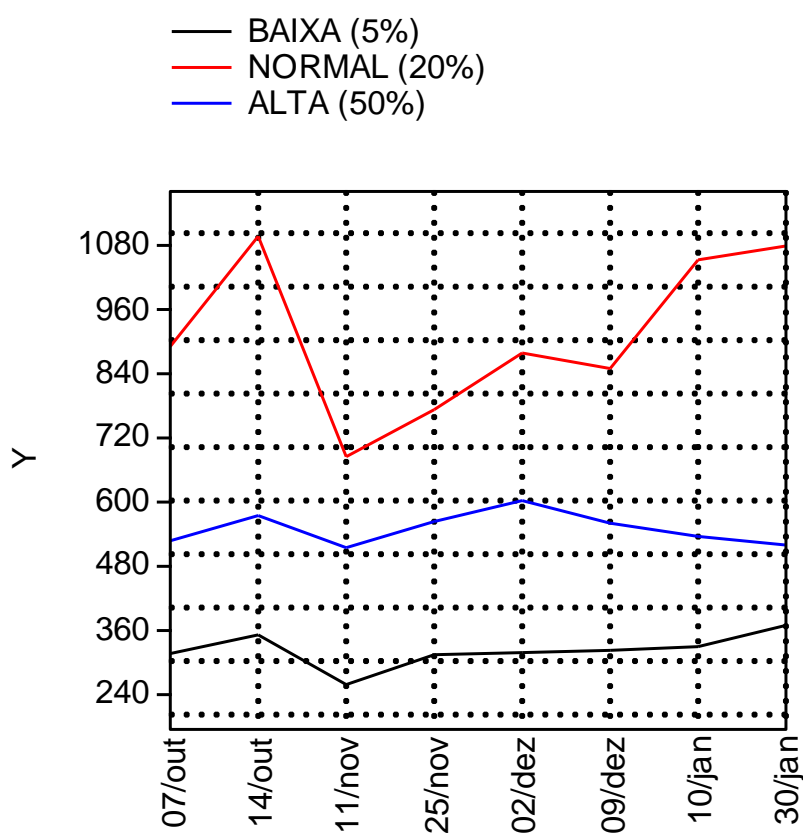


Gráfico C: Número de visitas em bebedouros com soluções em diferentes concentrações de sacarose.

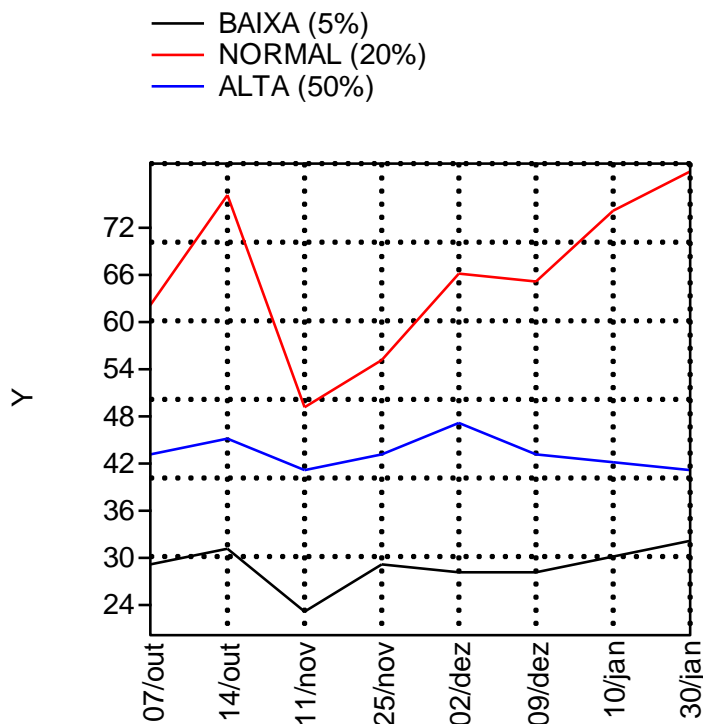


Gráfico D. Volume ingerido de soluções em diferentes concentrações em cada amostragem.

O gráfico D demonstra um volume maior de soluções em concentrações “normais” (média) sendo ingerido em contraste com a ingestão das soluções com alta e baixa concentração. Também se pode constatar que a média da ingestão das soluções em concentrações alta e baixa somadas não ultrapassa a média de ingestão de soluções com concentrações normais. Os testes de significância para ingestão de soluções em diferentes concentrações indicou $p < 0,05$, mostrando que a diferença é significativa para ingestão de soluções em concentrações médias em relação as demais.

A análise dos dados referentes aos testes com adição de vitaminas B12 e C nas soluções açucaradas mostraram, significativamente ($p < 0,05$), uma maior visitação pelos morcegos aos bebedouros complementados com estes

micronutrientes. Os frascos com soluções preparadas apenas com sacarose foram menos visitados, como mostra o gráfico E.

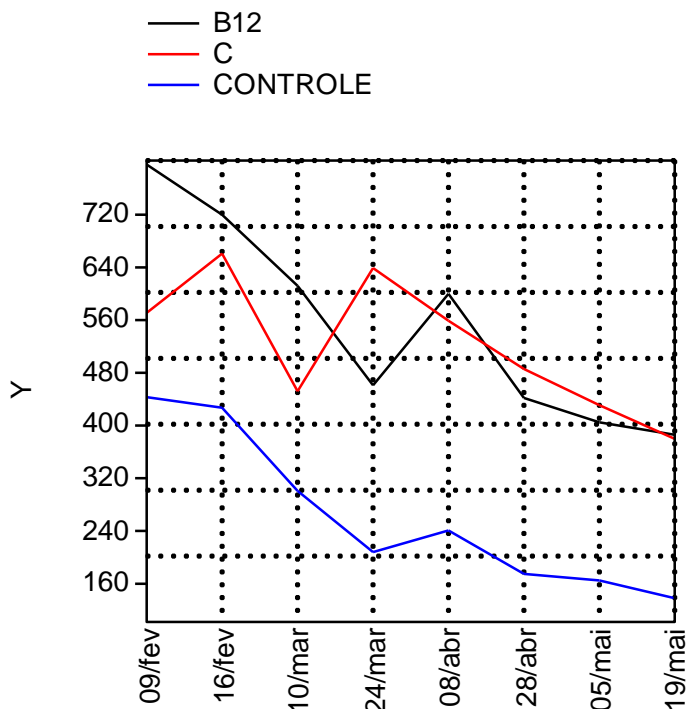


Gráfico E: Número de visitas em bebedouros com soluções com adição de vitamina B12 e vitamina C.

O gráfico E também demonstra um declínio geral de visitas entre fevereiro e maio. Contudo, este evento não altera a proporção de visitas aos bebedouros com adição de vitaminas B12 e C.

Salienta-se, ainda, que não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) entre as visitas aos bebedouros com vitamina B12 e aos bebedouros com vitamina C. No gráfico E pode-se verificar que, ao longo das amostragens, o número maior de visitas oscila entre bebedouros com vitamina B12 e bebedouros com vitamina C.

A diferença na ingestão de soluções vitaminadas também se mostrou significativa em relação à ingestão de soluções sem a adição de vitaminas B12 e C

($p < 0,05$). O gráfico F mostra o volume ingerido de cada solução durante as amostragens.

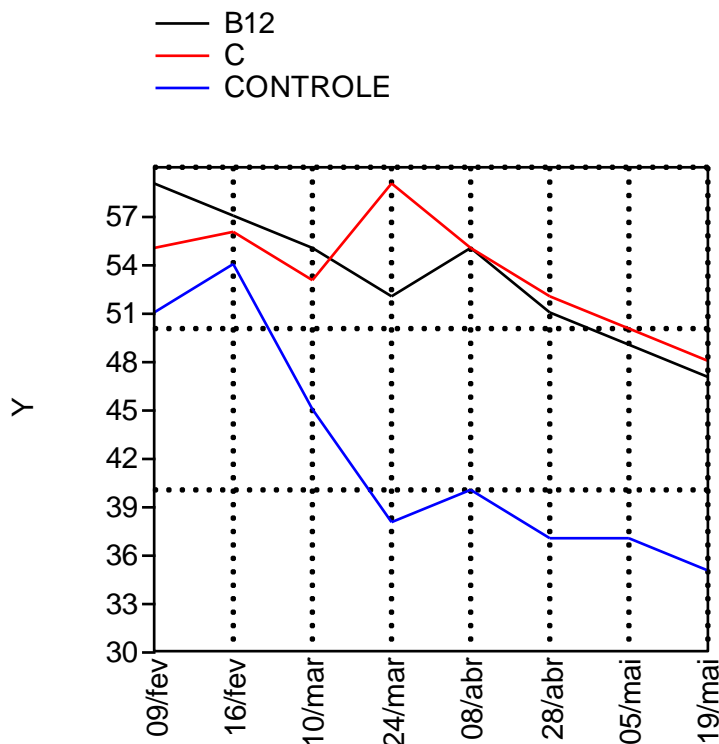


Gráfico F. Volume ingerido de soluções com adição de vitamina B12 e vitamina C.

Assim como na quantificação do número de visitas aos bebedouros, não há diferença significativa entre a ingestão em bebedouros com vitamina C e em bebedouros com vitamina B12 ($p > 0,05$).

Discussão

A preferência por sacarose apontada pelos resultados dos testes corroboram o que alguns autores, como Herrera (1999) e Rodriguez-Peña et al (2007), já haviam relatado, que quando ofertada em contraste com carboidratos mais simples, como as hexoses (frutose e glicose), o dissacarídeo sacarose é preferido pelos morcegos. Assim como em estudos parecidos (Herrera, 1999; Rodriguez-Peña et al,

2007; Ayala-Berdon, 2008), refutamos a hipótese de que os morcegos que ingerem néctar preferem o tipo de açúcar que normalmente encontram em seu alimento natural. Esta hipótese foi testada para contrastá-la ao fato de que a maioria das plantas do Novo Mundo apresenta néctares com alto teor de hexoses (monossacarídeos como frutose e glicose) e um teor inferior de sacarose (Herrera, 1999; Pyke and Waser 1981; Baker and Baker 1983; Baker et al. 1998). Muitos dos estudos aqui citados se perguntaram se o comportamento preferencial dos polinizadores por determinado tipo de açúcar age como pressão seletiva para manter a composição do néctar floral ao longo das gerações. Como, na maior parte das pesquisas, inclusive esta, os morcegos preferiram soluções com sacarose em relação às soluções de hexoses (encontrada no néctar natural), esta hipótese também pode ser refutada. Vale salientar que em alguns estudos, como o de Coleman e Downs (2012), os morcegos não apresentaram diferenciação na preferência por monossacarídeos ou dissacarídeos, evidenciando que há mais variáveis a serem consideradas quando se trata de preferência por tipo de açúcar.

É importante salientar que todos os estudos, inclusive este, realizados visando testar a preferência dos morcegos por um determinado tipo de açúcar obtiveram seus resultados utilizando espécies, e até mesmo gêneros, diferentes destes animais. É possível que este fator tenha influenciado nos resultados divergentes em alguns casos citados acima, já que mesmo morcegos próximos filogeneticamente possuem, conhecidamente, comportamentos alimentares divergentes, possivelmente se afastando da competição interespecífica (Saldaña-Vazquez et al, 2015). Por exemplo, estudos que encontraram resultados semelhantes a este (Rodriguez-Peña et al, 2007; Roces F., Winter Y, von Helversen O, 1993; Helversen, 1993 e Ayala-Berdon, 2008) realizaram os testes de

composição de açúcar com morcegos do gênero *Glossophaga sp.* Em contrapartida, estudos utilizando gêneros como *Artibeus sp.* e *Sturnira sp.* (Saldaña-Vazquez et al, 2015; Saldaña-Vazquez, 2013 e Coleman e Downs, 2012) encontraram resultados que divergem em pontos gerais com o presente trabalho, principalmente sobre o comportamento preferencial em relação a concentração dos açúcares. É possível que, gêneros diferentes respondam preferencialmente de maneira diferente a composição do néctar floral.

Outro ponto relevante é capacidade digestiva de diferentes morcegos para o tipo de açúcar ingerido. Saldaña-Vazquez et al (2015) mostraram que mesmo espécies próximas, evolutivamente, apresentam capacidades digestivas bem distintas. A especialização da dieta do animal é reflexo desta capacidade digestiva, de acordo com Saldaña-Vazquez (2013). Por exemplo, estudos que comparam morcegos generalistas (como *Artibeus sp.*) com morcegos nectarívoros obrigatórios (como *Glossophaga sp.*) mostram que uma capacidade digestiva maior é percebida nos generalistas, enquanto que os nectarívoros obrigatórios são especialistas em digerir determinado tipo de açúcar (Saldaña-Vazquez, 2013). Como neste estudo, todos os morcegos capturados e vistos próximos aos bebedouros pertenceram ao gênero *Glossophaga sp.*, sugere-se uma relação entre a capacidade digestiva destes animais com sua preferência ao tipo de açúcar ingerido. No entanto, é importante salientar que também houve significativa ingestão de soluções contendo hexoses, o que indica que, alternativamente, os morcegos podem ingerir monossacarídeos sem possíveis efeitos negativos para seu metabolismo.

Muitos pesquisadores, como Mendes (2008), atribuem, ainda, a preferência dos morcegos por sacarose devido o maior fornecimento de energia pelas moléculas deste açúcar. Os resultados deste estudo se mostram favoráveis a esta hipótese,

haja vista que, na presença de soluções com sacarose, estas foram preferidas, porém, não excluindo a ingestão de soluções com monossacarídeos. O que sugere-se é que, possivelmente, morcegos nectarívoros tem a capacidade de distinguir o tipo de açúcar, e preferir, frequentemente, néctares com carboidratos que forneçam um maior índice de energia ao seu metabolismo. A quantidade de energia ingerida na visita é importante para que haja uma compensação, já que o forrageio despende um custo energético. Verificou-se que o volume de solução ingerido por visita é extremamente pequeno e que nem toda visita é seguida por uma ingestão de néctar. É possível que este fato reflita num insucesso na relação visita/ingestão ou que a visita aos bebedouros não tenha por objetivo somente ingerir o néctar, mas identificar o caráter do alimento a ser ingerido. Salienta-se, portanto, a importância da realização e novos estudos testem novas formas e combinações de fornecimento de alimento, como frutose e glicose juntas, ou com adição de sacarose, para possíveis observações de mudanças no comportamento preferencial verificado neste estudo. Também fazem-se necessários estudo mais aprofundados acerca da relação tipo de açúcar/capacidade digestiva/metabolismo energético dos morcegos, a fim de esclarecer padrões de comportamento observados nos estudos citados neste presente trabalho.

Os gráficos apresentados nos resultados referentes aos testes de composição do néctar mostram uma queda, em geral, nas visitas e na ingestão de solução, entre julho e agosto. As causas para este fenômeno não estão bem esclarecidas, mas fatores climáticos como estiagem, e ecológicos, como a floração de bromeliáceas, podem ter influenciado a atividade dos morcegos, já que estes visitam plantas desta família e, notoriamente, realizam eventos migratórios acompanhando a

floração das bromélias ao longo do gradiente climático gerado pela altitude da área (Oliveira, 2006).

Para as espécies visitantes *Glossophaga sp.* a concentração próxima a 50% é preferida em alternativa a concentração ótima (20%), ficando as soluções com baixas concentrações (5%) como as menos escolhidas pelos morcegos. Isto pode sugerir uma zona de tolerância na capacidade digestiva ou na capacidade metabólica destes morcegos. Contudo, vale ressaltar que os testes foram feitos em ambientes naturais com morcegos livres, assim, outras fontes alimentares influenciaram o comportamento avaliado.

Morcegos nectarívoros especialistas, como *Glossophaga sp.* dependem estritamente do néctar floral para seu metabolismo, sendo a disponibilidade deste um fator limitante (Faegri e Pijl, 1971). Na literatura disponível, percebe-se que os estudos sugerem que o fator “concentração” é mais importante na determinação do comportamento de preferência alimentar do que a composição do néctar floral. Rodriguez-Peña et al (2007) afirmaram que quanto mais especialista um morcego for, maior a sua capacidade em perceber a concentração de açúcar no néctar floral, ou, no caso dos experimentos, nas soluções açucaradas fornecidas. Pode-se perceber, de fato, que trabalhos utilizando morcegos nectarívoros especialistas obtiveram resultados bem específicos em relação a preferência por concentração de açúcares. Helversen (1993) mostrou, através de um trabalho sobre despesa energética em morcegos estritamente polinizadores, que o equilíbrio energético nestes animais é mantido a partir de uma dieta com néctares numa faixa de concentração que varia entre 18% a 21%. Os resultados deste estudo ratificam esta informação, haja vista que as soluções com este teor de concentração foram as mais visitadas/ingeridas pelos morcegos. É possível que as síndromes de

polinização também sejam influenciadas pelo fator “concentração”, direcionando a preferência dos morcegos para flores com esta faixa de concentração. É importante salientar, contudo, que morcegos generalistas (nectarívoros não obrigatórios) demonstraram, em estudos como o de Saldaña-Vazquez (2013), uma preferência por néctares menos concentrados. Por exemplo, na pesquisa citada, morcegos do gênero *Artibeus sp.* preferiram, sistematicamente, soluções com concentrações inferiores a 20% (8% a 12%). Neste mesmo estudo, pôde-se verificar que morcegos frugívoros (e, ocasionalmente, nectarívoros) do gênero *Sturnira sp.* demonstraram preferência por soluções com concentrações superiores a 20% (50% a 70%). Fatos como estes podem sugerir que o comportamento preferencial dos generalistas pode estar relacionado com suas necessidades sazonais. Quando a abundância dos frutos diminui, é importante para estes morcegos terem capacidade digestiva para se alimentarem de néctares em diferentes concentrações. Já para os nectarívoros especialistas, é necessário obter fontes alimentares constantemente, com néctares concentrados adequadamente ao seu metabolismo e capacidade digestiva.

Em relação a *Glossophaga sp.*, único gênero identificado como frequentador dos bebedouros neste estudo, destaca-se um interessante trabalho de Roces F. et al (1993), em que associam o aumento da ingestão de água pelos morcegos com o aumento da ingestão de soluções em maiores concentrações. O estudo mostrou que a medida que os morcegos ingeriam soluções em maiores concentrações, a ingestão de água também aumentava proporcionalmente. Assim, acredita-se que a escolha do néctar, ao menos que diz respeito a concentração, também é influenciada por fatores como hidratação. A natureza da digestão e absorção dos carboidratos explicaria a necessidade da ingestão de água por morcegos nectarívoros, porém, grande parte dos estudos envolvendo este tipo de pesquisa é

sobre aves. Em contraste, o trabalho de Ayala-Berdon (2008) mostra que a hidrólise da sacarose não é um fator limitante para a escolha do néctar a ser ingerido pelos morcegos.

Os experimentos com inserção de vitaminas nas soluções açucaradas realizados neste trabalho são os que possuem menos semelhantes na literatura, ao menos para quirópteros. Como já mencionado aqui, inicialmente foram escolhidas três vitaminas (B12, C e D) para testarmos se a adição das mesmas mostraria que os micronutrientes encontrados no néctar (como vitaminas, minerais, entre outros) influenciam a escolha no momento do forrageio. Claramente os resultados mostram que é significativa a preferência dos morcegos por soluções vitaminadas, contudo, os resultados não são capazes de mostrar se há preferência por algum tipo vitamínico.

Mesmo com a inviabilização do uso da vitamina D devido seu caráter lipossolúvel, a constatação deste critério de escolha pelos morcegos (vitaminas) sugere uma importante adaptação do comportamento alimentar às necessidades fisiológicas, principalmente quando se tratam de fatores limitantes. O caso específico das vitaminas é interessante porque se sabe, classicamente, dos prejuízos extensos que as avitaminoses podem gerar, mesmo sendo nutrientes exigidos em pequena quantidade pela maioria dos animais.

Especificamente falando das vitaminas B12 e C, seria crucial para os quirópteros essencialmente nectarívoros perceberem sua presença no néctar floral, direcionando sua preferência a plantas que produzem soluções com uma qualidade nutritiva maior que outras. Novos estudos cruzando informações químicas de néctares florais com o tipo de polinizador seriam muito importantes para esclarecer melhor comportamentos como este, principalmente em animais especialistas.

Vários trabalhos (como Rodriguez-Peña et al, 2007) que testaram tipo de açúcar e suas concentrações para morcegos sugeriram novos estudos onde fossem testados diferentes fatores que contribuiriam para a escolha dos néctares. O néctar floral é essencialmente constituído por água e açúcares, mas possui também, mesmo que em menores quantidades, aminoácidos, proteínas, lipídios, ácido ascórbico e alcaloides que, acredita-se, serem fatores essenciais que influenciam no forrageio dos polinizadores.

Os resultados referentes a presença de vitaminas nas soluções obtidos neste trabalho sugerem alguns pontos importantes para pesquisas futuras. Primeiramente é possível fazer algumas inferências sobre o carácter comportamental dos quirópteros observados. Cada teste amostral feito era precedido por uma troca espacial dos bebedouros porque alguns estudos (como Mendes, 2008) indicam que a “memória associativa” dos morcegos pode influenciar a sua preferência, por exemplo, a forma, localização ou outras características do próprio bebedouro/alimentador podem reforçar o comportamento após as primeiras visitas. A troca espacial dos bebedouros a cada amostragem e o uso de bebedouros idênticos em forma/cor diminui essa tendência observada em outros trabalhos. Dito isso, pode-se também se fazer considerações sobre a fisiologia dos animais. Estudos fisiológicos mais detalhados podem revelar se a percepção das vitaminas (e até mesmo o tipo de açúcar e sua concentração) está associada a receptores sensoriais específicos ou estes associados ao olfato/paladar, como já havia sugerido Herrera (1999).

Morcegos especialistas com dietas restritas como os nectarívoros dependem, em grande parte, de um forrageio com alto índice de sucesso, e este resultado satisfatório para o animal passa pelo comportamento de preferência por tipos de

alimentos adequados ao seu metabolismo e dieta. Assim, os resultados deste estudo indicam que um comportamento de preferência por néctares mais nutritivos pelos morcegos significa uma grande vantagem para estes, principalmente considerando as vitaminas usadas nos testes propostos aqui. As consequências da avitaminose de B12 e a incapacidade da síntese biológica da vitamina C nos quirópteros tornam esta capacidade de identificar estes micronutrientes no alimento natural essencial para a sobrevivência de espécies como *Glossophaga sp.*

Conclusão

As conclusões feitas a partir dos resultados e discussão deste trabalho se baseiam, basicamente, em sugestões para trabalhos futuros e algumas afirmações sobre a preferência alimentar de morcegos nectarívoros.

Pode-se afirmar que morcegos nectarívoros desenvolvem um comportamento preferencial pelo açúcar sacarose, em detrimento de monossacarídeos como frutose e glicose (hexoses), o que refuta a hipótese de que estes mesmo preferem o açúcar encontrado normalmente no néctar floral. Em relação a concentração, pôde-se constatar que, como esperado e apontado por outros trabalhos, a concentração ótima preferida é aquela encontrada no néctar floral (20%), contudo, alternativamente, concentrações maiores e menores podem ser ingeridas. Sobre a preferência baseada na presença/ausência de vitaminas, constatou-se que os quirópteros preferem soluções de néctares que contenham estes tipos de micronutrientes, sugerindo, inclusive que são capazes de identifica-los durante o forrageio.

As sugestões indicadas para trabalhos futuros resumem-se, basicamente, em testes que alterem e cruzem os resultados obtidos nestes trabalhos. Pôde-se elaborar algumas hipóteses que ainda precisam ser testadas e são apresentadas a seguir:

- Soluções de monossacarídeos em outras concentrações podem alterar a preferência por sacarose?
- Soluções com mistura de frutose e glicose podem alterar a preferência por sacarose?
- Adição de vitaminas em soluções com frutose/glicose podem alterar a preferência por sacarose?

É possível, que hipóteses como estas, após testadas, venham a contribuir para desvendar a influência que os nutrientes do néctar têm sobre a preferência alimentar de polinizadores como morcegos e, até mesmo, contribuir com as pesquisas sobre a pressão seletiva que os polinizadores exercem sobre as angiospermas.

Referências Bibliográficas

Ayala-Berdon, J., Schondube, J., Stoner, K. E., Rodriguez-Peña, N., Martinez Del Rio, C. 2008. The intake responses of three species of leaf-nosed Neotropical bats. *Journal of Comparative Physiology B*, 178, 477–485.

Baker, H. G., Baker, I. 1983. Chemical constituents of nectar in relation to pollination mechanisms and phylogeny. pp. 131-171. in *Biochemical aspects of evolutionary biology* (M. H. Nitecki, ed.). The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

Baker, R.; Patton, J. C.; Genoways, H. H.; Bickham, J. C. 1998. Genetic studies of *Lasiurus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Occasional Papers of Texas Tech University* 117:1-15.

Brennan, M. J. W.; Cantrill, R. C.; Warner, S. J. C.; Van Der Westhuyzen, J.; Fernandes-Costa, F.; Kramer, S.; Metz, J. 1981. Amino acid transmitter receptor binding in synaptic membranes from normal and vitamin B12 deficient fruitbats. *Brain Research*, Vol. 219(1), pp. 186-189.

Birney, E. C.; Jenness, R. A. 1976. Inability of bats to synthesise L-ascorbic acid. *Nature* 260: 626–628.

Coleman, J., Downs, C.T. 2012. The sweet side of life: Sugar type and concentration preference in Wahlberg's epauletted fruit (*Epomophorus wahlbergi*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 162: 431-436.

Eisenberg, J.F.; Redford, K. H. 1999. *Mammals of the Neotropics. The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*. v.3, Chicago: University of Chicago Press.

Estevão, J. R. 2009. Interação mutualista entre morcegos nectarívoros (Chiroptera) e a pata-de-vaca *Bauhinia hophylla* Steud. (Fabaceae) em uma área de cerrado: atração e recompensa. Dissertação de Mestrado, UFSCar.

Faegri, K E Van Der Pijl, L. 1971. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, New York.

Fleming, T. H., Hopper, E., Wilson, D. E. 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*, 53, 555-569.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.

Helversen, O. V. 1993. Adaptations of flowers to the pollination by Glossophaginae bats. Pp. 41–59 in *Animal–plant interactions in tropical environments* (W. Barthlott, C. M. Naumann, K. Schmitt-Loske, and K. L. Schumann, eds.). Museum Alexander Koenig, Bonn, Germany.

Helversen, O. V., Reyer, H. U. 1984. Nectar intake and energy expenditure in a flower visiting bat. *Oecologia* (Berlin) (1984) 63:178-184.

Herrera, L. G. 1999. Preferences for different sugars in neotropical nectarivorous and frugivorous bats. *Journal of Mammalogy* 80:683–688.

Koopman, K. F. 1982. Order Chiroptera. Pp 137-241. In: Wilson, D. E. e REEDER, D. M. (Eds). *Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 2nd Ed. Washington, Smithsonian Institution Press.

Martinez Del Rio, C., Baker, H. G., Baker, I. 1992. Ecological and evolutionary implications of digestive processes: bird preferences and the sugar constituents of floral nectar and fruit pulp. *Experientia*, 48:544-551.

Mendes, E. L. A. 2008. Avaliação da memória de morcegos nectarívoros da espécie *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae). Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Fisiologia.

Milton, K.; Jenness, R. 1987. Ascorbic acid content of neotropical plant parts available to wild monkeys and bats. *Experientia* 43:339–342.

Oliveira, R. 2006. Secreção de nectar e atividade de morcegos em *Hymenaea stigonocarpa* (Leguminosae-Caesalpinioidea) no Pantanal da Nhecolândia e remanescente urbano de cerrado, Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

Pyke, G. H.; Waser, N. M. 1981. The production of dilute nectars by hummingbird and honeyeater flowers. *Biotropica*, 13(4), 260-270, 1981.

Reis, N.R.; Fregonezi, M.N.; Peracchi, A.L.; Shibata, O.A. 2013. (Orgs.). Morcegos do Brasil, Guia de campo. Technical Books, 252p.

Roces, F., Winter, Y., Helversen, O. 1993. Nectar concentration preference and water balance in a flower visiting bat, *Glossophaga soricina antillarum*. In: Barthlott W (eds) *Animal–plant interactions in tropical environments*. Museum Koenig, Bonn, pp 159–165.

Rodriguez-Peña, N., Stoner, K. E., Schondube, J. E., Ayala-Berdon, J., Martinez Del Rio, C. 2007. Effects of sugar composition and concentration on food selection by

Saussure's long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) and the long-tongued bat (*Glossophaga soricina*). *Journal of Mammalogy*, 86, 1466-1474.

Saldaña-Vázquez, R.A; Schondube, J.E. 2013. Food intake changes in relation to food quality in the Neotropical frugivorous bat *Sturnira ludovici*. *Acta Chiropterologica*, vol. 15, no. 1, pp. 69-75.

Saldaña-Vazquez, R., Ruiz-Sanchez, E., Herrera-Alsina, L., Schondube, J. E. 2015. Digestive capacity predicts diet diversity in Neotropical frugivorous bats. *Journal of Animal Ecology*., p 1-9;

Scogin, R. 1985. Nectar constituents of the Cactaceae. *The Southwestern Naturalist*, 30:77-82. Reproductive phytochemistry of Bombacaceae: floral anthocyanins and nectar constituents. *Aliso*, 11:377.

Tschapka, M.; Dressler, S. 2002. *Chiropterophily: on bat-flowers and flower bats*. Royal Botanical Garden.