Açúcar em quarentena: Como a pandemia de Covid-19 e o isolamento social afetam o uso de recursos por abelhas no campus da Unicamp?

Palavras-Chave: Covid-19, *Apis mellifera*, isótopos estáveis, nicho trófico, subsídios antrópicos

Autores:

João Pedro Vieira Fornasari, Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Raul Costa Pereira (orientador), Universidade Estadual de Campinas

INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas fortemente influenciam a biodiversidade, de tal modo que as cidades são sistemas únicos para entender essa complexa relação (1). Logo, a ecologia urbana, ramo de crescente importância da ciência ecológica, busca compreender os padrões da biodiversidade em cidades, bem como os processos que a determinam (2,3). No entanto, apesar do notável avanço dessa ampla área de estudo e pesquisa ao longo das últimas décadas, muitas perguntas acerca dos efeitos da nossa atual maneira de se viver sobre a sobrevivência de outras espécies urbanas e suas interações ecológicas permanecem em aberto (3,4).

A abelha-europeia (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758), com seu longo histórico de domesticação e introdução em novos ambientes por humanos, é considerada uma espécie cosmopolita no mundo moderno (5). Encontra-se, portanto, distribuída em todos os continentes, com exceção da Antártida. Por ser um visitante floral altamente generalista, representa um dos grupos de polinizadores mais prevalentes do planeta tanto em cultivos agrícolas (6), como em cidades (7). Deste modo, ao longo do longo processo de coexistência da abelha-europeia com humanos, esse inseto começou a ter acesso a recursos antrópicos originalmente não disponíveis na natureza. Consequentemente, em cidades modernas, fontes de recursos humanos são de notável relevância para a alimentação e a ecologia de *A. mellifera* (8).

A pandemia de Covid-19 levou à adoção de intensivas medidas de isolamento social em todo o território brasileiro, provocando reduções diferenciais das atividades humanas em inúmeros ambientes urbanos. Desta forma, com a disseminação em massa e duradoura do novo coronavírus, criou-se uma oportunidade singular para compreender os efeitos diretos e indiretos do distanciamento social sobre as interações entre o homem e diversas espécies sinantrópicas (9). Em particular, o campus da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) em Barão Geraldo (Campinas, São Paulo) é um ótimo sistema urbano para estudar esses possíveis efeitos sobre o nicho trófico das abelhas-europeias. Antes da pandemia, a universidade costumava receber cerca de 80 mil pessoas diariamente. Mas, desde março de 2020 até março de 2022, a Unicamp esteve sob um regime rígido de restrição das atividades presenciais, o que levou a uma redução drástica e abrupta do aporte de recursos antrópicos em seu interior. Esse fenômeno pode ter influenciado a dinâmica de uso de fontes naturais e antrópicas de alimentos pelas populações de *Apis mellifera* residentes nas proximidades do campus.

Sendo assim, neste trabalho, foi investigado se a restrição de circulação de pessoas na Unicamp levou a uma mudança na dieta de populações locais de abelhas. Especificamente, espera-se que os indivíduos de *A. mellifera* tenham reduzido o consumo de recursos de origem humana (i.e., açúcares industrializados de alimentos diversos, como doces e bebidas) durante o período em que o campus esteve sob restrições sociais. Para investigar essa hipótese, foram utilizados isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}C$, ver detalhes em *Métodos*) obtidos a partir de amostras de tecidos das abelhas coletadas. Com essa abordagem, foi possível comparar a contribuição relativa aproximada de açúcares derivados de alimentos processados na dieta desses insetos durante *vs.* depois da limitação de circulação de pessoas no campus da Unicamp.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coletas de abelhas em campo

Foram selecionadas quatro áreas para a coleta de abelhas no interior do campus da Unicamp em Campinas e outras quatro áreas urbanas nas cercanias da universidade, totalizando oito pontos, minimamente distantes entre si por 300m (ver FIGURA 1). Cada área foi amostrada três vezes durante o período de restrição de acesso a Unicamp (de setembro a dezembro de 2021) e três vezes após o retorno de todas as atividades presenciais da universidade (de abril a maio de 2022). Logo, foram realizados 48 eventos de amostragem (8 pontos x 6 coletas). Além disso, entre os dias 17 e 20 de setembro de 2021, selecionaram-se duas localidades na universidade para que eventos de amostragem teste fossem conduzidos. Desta forma, obtiveram-se 402 indivíduos de *A. mellifera* ao longo de setembro a maio de 2022.

FIGURA 1. Áreas definidas para a amostragem de abelhas-europeias (*Apis mellifera*) com o auxílio da ferramenta online Google Earth. A coleta das abelhas foi realizada nas proximidades de cada um dos marcadores coloridos apelidados: 4 dentro do campus da Unicamp (IFCH, FE, IB/PB/RU, RA) e 4 nas cercanias da universidade (Quiosque, Barão Ervas, McDonald´s, Posto de Gasolina). – Fonte: https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/

As abelhas foram coletadas em cada uma das áreas selecionadas com o uso combinado de redes entomológicas (i.e., busca ativa) e armadilhas para atração passiva desses insetos (10). As armadilhas foram abastecidas com uma mistura de mel e loção atrativa (usada por apicultores) composta por extrato de própolis e capim-limão (*Cymbopogon citratus*). Ao fim de cada dia de amostragem, as abelhas foram levadas ao laboratório, onde foram mortas por redução gradual de temperatura, devidamente identificadas e armazenadas no freezer a -20°C até o seu processamento para as análises isotópicas.

Análises isotópicas

Para quantificar o uso de recursos humanos pelas abelhas *Apis mellifera* coletadas durante a execução desse projeto, foram avaliadas as proporções de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}C$) dos tecidos de cada um dos indivíduos. No Brasil, à maioria dos alimentos humanos processados são adicionados açucares oriundos de plantas com metabolismo C4 em alguma parte de sua produção (11), notadamente cana-de-açúcar e milho. Portanto, esses alimentos apresentam uma relação mais elevada entre o isótopo pesado para o leve de carbono ($^{13}C/^{12}C$), em relação a plantas C3 (12–14), as quais, por sua vez, constituem grande parte da dieta natural de abelhas. Logo, valores de $\delta^{13}C$ dos tecidos das abelhas próximos ao intervalo de −14.2 a −10.2‰ são indicativos de uso mais frequente de fontes antrópicas de recursos. Por outro lado, valores próximos ao intervalo de −30.7 a −22.5‰ indicam uso mais frequente de recursos naturais, como néctar floral (11).

Em laboratório, foram selecionados aleatoriamente 133 indivíduos de abelha-europeia para as análises isotópicas, sendo 124 provenientes dos eventos de amostragem definitivos (durante e após as restrições sociais na Unicamp) e nove do período de amostragem piloto. Cada um deles foi lavado com água deionizada e seco na estufa à 60°C durante 48 horas. Após a secagem, removeu-se com pinças os apêndices locomotores de todos os exemplares. Uma vez pesados na balança analítica, os apêndices foram devidamente armazenados e enviados para o Centro de Isótopos Estáveis Prof. Dr. Carlos Ducatti da Unesp (Campus de Botucatu). Nesse centro de pesquisa, as amostras foram analisadas em um sistema de espectrometria de massa de razão isotópica de fluxo contínuo (CF-IRMS), utilizando um analisador elementar (EA) de dois reatores (Flash, Thermo Fisher, Germany) acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS) (Delta V, Thermo Fisher, Germany) para amostras de origem animal. Desta forma, foram examinadas as proporções do isótopo pesado para o leve de

carbono ($^{13}C/^{12}C$) de cada um dos indivíduos de *A. mellifera* selecionados. Os resultados foram fornecidos em diferença relativa da razão isotópica $\delta^{13}C$ em mUr e calibrados com os padrões NBS-22.

Análises estatísticas

Em decorrência da logística de trabalho do Centro de Isótopos Estáveis Prof. Dr. Carlos Ducatti, os resultados das análises isotópicas dos 124 indivíduos de *A. mellifera* advindos da amostragem definitiva não foram recebidos a tempo da construção deste resumo. Logo, para a elaboração do documento, realizou-se um estudo estatístico com base nos valores de $\delta^{13}C$ obtidos a partir dos nove indivíduos de abelhas coletados durante os eventos de amostragem teste. Devido à pequena quantidade de dados de isótopo disponíveis, foram desenvolvidas análises estatísticas simples, viabilizando a obtenção de algumas medidas de tendência central e dispersão dos valores de $\delta^{13}C$. Para essa tarefa, utilizou-se o programa estatístico R (R Core Team 2019).

No entanto, para a entrega do Relatório Final de Atividades, serão utilizados os resultados das análises isotópicas das abelhas oriundas dos 48 eventos de amostragem definitivos. Para tanto, serão construídos modelos lineares mistos no pacote *lme4* (15). O objetivo é testar como a limitação de circulação de pessoas no campus da Unicamp afetou o uso de recursos por abelhas, comparando os valores obtidos de $\delta^{13}C$ entre os diferentes cenários de coleta.

RESULTADOS

Coletas de abelhas em campo

Como resultado do esforço amostral desempenhado, obtiveram-se 402 indivíduos de *Apis mellifera* durante os meses de setembro a maio de 2022. Destes, 24 foram coletados ao longo do período de amostragem teste realizado previamente (i.e., entre os dias 17 e 20 de setembro de 2021, nas localidades “IFCH” e “IB/PB/RU”) e, 378 ao longo dos eventos de amostragem definitivos. Desta forma, foi possível capturar 166 exemplares de abelhas durante a fase de restrições sociais rígidas na Unicamp e, 236 após esse momento.

Análises isotópicas e estatísticas

Os valores de $\delta^{13}C$ obtidos das amostras teste variam entre -23,81 (mínimo) e -22,23‰ (máximo). Ademais, a média é -23,21‰ e o desvio padrão, 0,437, indicando que os valores de $\delta^{13}C$ são muito semelhantes entre si. Ou seja, possuem uma pequena variação aparente (ver FIGURA 2). Assim, considerando que a maioria das plantas C3 no Brasil apresentam valores de $\delta^{13}C$ entre −30.7 a −22.5‰ (11), conclui-se que os valores isotópicos dos nove indivíduos de *A. mellifera* coletados durante os eventos de amostragem teste encontram-se muito próximos ao espectro das plantas com esse tipo de metabolismo.

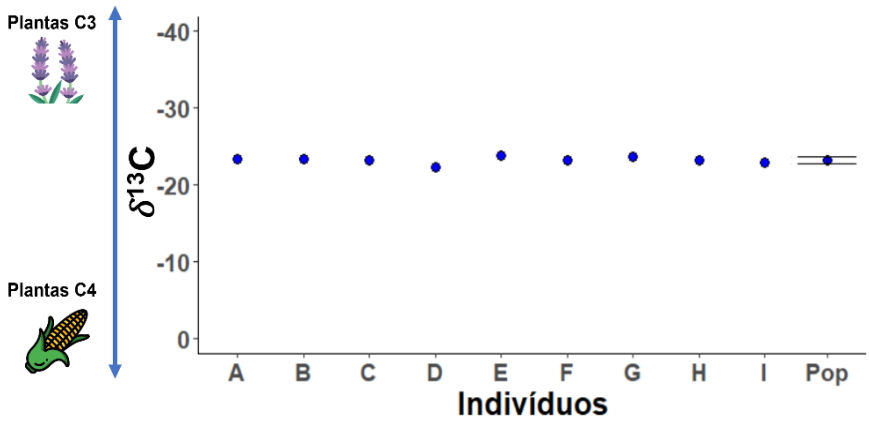

FIGURA 2. Valores de $\delta^{13}C$ dos indivíduos de *A. mellifera* obtidos dos eventos de amostragem teste. Valores de $\delta^{13}C$ para nove indivíduos da abelha-europeia (*Apis mellifera*) coletadas no campus (entre os dias 17 e 20 de setembro de 2021, nos pontos de amostragem denominados “IFCH” e “IB/PB/RU”). O ponto denominado “Pop” corresponde ao valor médio de $\delta^{13}C$ da população amostrada, juntamente com as barras de erros, ajustadas de acordo com o desvio padrão calculado (±0,437). Ao lado esquerdo do gráfico, uma escala representativa da marcação isotópica de carbono de plantas C3 e C4. Valores mais negativos de $\delta^{13}C$ são indicativos de menor consumo de recursos antrópicos pelas abelhas, enquanto valores menos negativos indicam maior consumo.

DISCUSSÃO

Para a elaboração deste relatório, foram analisados estatisticamente os valores isotópicos de carbono de poucos indivíduos de abelhas (n=9), coletadas em um intervalo de tempo muito restrito e em somente áreas de amostragem. No entanto, esses resultados prévios são importantes, pois podem nos fornecer um vislumbre do que ainda está por vir. Os valores de $\delta^{13}C$ encontrados para as amostras piloto apresentam baixa variação entre indivíduos e indicam consumo de plantas com metabolismo C3. Esse resultado preliminar pode ser um indicativo de uso frequente de recursos naturais durante o período de restrições sociais na Unicamp. No entanto, esses valores de $\delta^{13}C$ por si só, se não submetidos a um processo comparativo com outros valores, pouco nos dizem sobre os efeitos da pandemia de Covid-19 e do isolamento social sobre o comportamento alimentar das populações de abelhas residentes nas proximidades da universidade. Para tanto, é necessário uma quantidade maior de dados isotópicos, obtidos a partir da coleta de abelhas em todas as áreas de amostragem selecionadas e ao longo de uma linha temporal mais ampla.

De qualquer modo, elaborar uma breve discussão sobre os resultados das análises isotópicas vindouras é de grande valia. Para este trabalho, propôs-se a hipótese de que a restrição de circulação de pessoas no campus da Unicamp, em decorrência da pandemia de Covid-19, levou a uma mudança na dieta de populações locais de *A. mellifera*. Sendo assim, a partir da confirmação ou refutação dessa hipótese, dois principais cenários podem emergir: (i) a limitação do fluxo de pessoas no campus provocou uma redução significativa na disponibilidade de recursos antrópicos e seu consumo pelas abelhas, quando comparado ao período sem restrições sociais e; (ii) não houve uma alteração significativa no comportamento alimentar das abelhas quanto ao uso de alimentos humanos, durante e após as medidas de contenção da disseminação do novo coronavírus na universidade.

Caso o cenário (i) se concretize, espera-se que os valores encontrados de $\delta^{13}C$ das abelhas coletadas durante o período de restrições sociais na Unicamp sejam mais negativos do que os valores isotópicos correspondentes aos insetos coletados após as medidas de contenção do coronavírus. Sendo assim, uma vez confirmada a hipótese proposta para este trabalho, poderá ser reafirmada a importância dos recursos humanos como alimentos complementares à dieta de populações de *Apis mellifera* residentes em ambientes urbanos. Esse resultado, portanto, estará em consonância com estudos anteriores que indicam que certos animais, como formigas (16), apresentam valores elevados de $\delta^{13}C$ em espaços urbanos com presença humana e aporte de recursos antrópicos mais intensos. Além disso, novos estudos poderão ser conduzidos para compreender os efeitos do consumo de alimentos processados sobre a sobrevivência e desenvolvimento das colônias de abelhas, o que é medido pela performance reprodutiva, resistência a doenças, ganho de peso da colônia, produção de mel, dentre outras coisas (13,17,18).

Em contrapartida, com a concretização do cenário (ii), espera-se que os valores encontrados de $\delta^{13}C$ das abelhas coletadas na Unicamp durante e após o período de restrições sociais sejam semelhantes, não havendo diferenças estatísticas de notável significância. Logo, poderá se dizer que mesmo em ambientes urbanos com presença antrópica mais intensificada, as abelhas não estão se alimentando com tanta frequência de recursos humanos. Isso poderia ser explicado pelo fato de que as abelhas são animais voadores que comumente buscam seus alimentos em uma área com raio aproximado de 2km em relação à colônia, mas são capazes de viajar por mais de 10km (19). Desta forma, esses animais conseguem alcançar com certa facilidade recursos florais dispostos em jardins e espaços verdes em meio às cidades, além de vegetações nativas locais. Notadamente, recursos florais tendem a ser o alimento preferido das abelhas, pois, de forma geral, apresentam melhores qualidades nutricionais, como elevadas concentrações de açúcar e presença de outras substâncias essenciais, como minerais, proteínas, vitaminas e lipídios (17). Logo, é de grande importância que áreas verdes no interior e ao redor de centros urbanos sejam alvos prioritários de conservação, dada a sua relevância para a manutenção da biodiversidade de abelhas e outros insetos nas cidades (20,21).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pickett STAA, Cadenasso ML, Childers DL, Mcdonnell MJ, Zhou W. Evolution and future of urban ecological science: ecology in, of, and for the city. Ecosyst Heal Sustain [Internet]. 2016 Jul 19;2(7):e01229. Available from: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1002/ehs2.1229

2. Soanes K, Lentini PE. When cities are the last chance for saving species. Front Ecol Environ. 2019;17(4):225–31.

3. Szulkin, M., J. Munshi-South and AC. Urban Evolutionary Biology. Urban Evol Biol. 2020;

4. Roches S Des, Brans K, … ML-E, 2020 undefined. Socio-eco-evolutionary dynamics in cities. Wiley Online Libr [Internet]. 2020; Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eva.13065

5. Cridland JM, Tsutsui ND, Ramírez SR. The complex demographic history and evolutionary origin of the western honey bee, Apis Mellifera. Genome Biol Evol. 2017;9(2):457–72.

6. Hung KLJ, Kingston JM, Albrecht M, Holway DA, Kohn JR. The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. Proc R Soc B Biol Sci. 2018;285(1870).

7. Ayers AC, Rehan SM. Supporting bees in cities: How bees are influenced by local and landscape features. Insects. 2021;12(2):1–18.

8. Chandrasekaran S, Arun Nagendran N, Krishnankutty N, Pandiaraja D, Saravanan S, Kamaladhasan N, et al. Disposed paper cups and declining bees. Curr Sci. 2011;101(10):1262.

9. Bates AE, Primack RB, Moraga P, Duarte CM. COVID-19 pandemic and associated lockdown as a “Global Human Confinement Experiment” to investigate biodiversity conservation. Biol Conserv. 2020;248.

10. Human H, Brodschneider R, Dietemann V, Dively G, Ellis JD, Forsgren E, et al. Miscellaneous standard methods for Apis mellifera research. J Apic Res. 2013;52(4).

11. Martinelli LA, Nardoto GB, Perez MAZ, Junior GA, Fracassi FC, Oliveira JGG, et al. Carbon and Nitrogen Isotope Ratios of Food and Beverage in Brazil. Molecules. 2020;25(6).

12. Newsome SD, Martinez del Rio C, Bearhop S, Phillips DL. A niche for isotopic ecology. Front Ecol Environ [Internet]. 2007 Oct;5(8):429–36. Available from: http://doi.wiley.com/10.1890/060150.1

13. Penick CA, Crofton CA, Appler RH, Frank SD, Dunn RR, Tarpy DR. The contribution of human foods to honey bee diets in a mid-sized metropolis. J Urban Ecol. 2016;2(1):1–5.

14. Anderson LM, Dynes TM, Berry JA, Delaplane KS, McCormick LL, Brosi BJ. Distinguishing feral and managed honeybees (Apis mellifera) using stable carbon isotopes. Apidologie. 2014;45(6):653–63.

15. Bates D, Mächler M, Bolker BM, Walker SC. Fitting linear mixed-effects models using lme4. J Stat Softw. 2015;67(1).

16. Penick CA, Savage AM, Dunn RR. Stable isotopes reveal links between human food inputs and urban ant diets. Proc R Soc B Biol Sci. 2015;282(1806).

17. Ahmad S, Khan KA, Khan SA, Ghramh HA, Gul A. Comparative assessment of various supplementary diets on commercial honey bee (Apis mellifera) health and colony performance. Vol. 16, PLoS ONE. 2021.

18. LeBlanc BW, Eggleston G, Sammataro D, Cornett C, Dufault R, Deeby T, et al. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (Apis mellifera). J Agric Food Chem [Internet]. 2009 Aug 26;57(16):7369–76. Available from: https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf9014526

19. Hagler JR, Mueller S, Teuber LR, MacHtley SA, Van Deynze A. Foraging range of honey bees, Apis mellifera, in alfalfa seed production fields. J Insect Sci [Internet]. 2011 [cited 2022 Jun 22];11(144):1–12. Available from: moz-extension://bb739cdf-6ca5-4271-aa3f-cd62aee041ce/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Frepository.kallipos.gr%2Fbitstream%2F11419%2F4675%2F1%2F02_chapter_7.pdf

20. Colla SR, Willis E, Packer L. Can green roofs provide habitat for urban beeds (Hymenoptera: Apidae)? Cities Environ. 2009;2(1):1–12.

21. Matteson KC, Langellotto GA. Determinates of inner city butterfly and bee species richness. Urban Ecosyst. 2010;13(3):333–47.