

Fatores abióticos e atividade externa de *Melipona (Eomelipona) bicolor schencki* Gribodo, 1893 (Hymenoptera, Apidae) em Santa Catarina

Abiotic factors and external activity of Melipona (Eomelipona) bicolor schencki Gribodo, 1893 (Hymenoptera, Apidae) in Santa Catarina state

Allison Leandro **TIETZ**^{1,2} & Denise Monique Dubet da Silva **MOUGA**¹

RESUMO

Foi estudada a influência dos fatores abióticos sobre a atividade externa de *Melipona bicolor schencki*, em Santa Catarina, pela observação do movimento externo, por 12 meses, com registro da temperatura e da umidade relativa. As atividades iniciaram-se mais tarde no outono e no inverno (6h34 e 6h15) e mais cedo na primavera e no verão (4h48 e 4h55) e finalizaram mais tarde na primavera e no verão (19h15 e 18h54) e mais cedo no outono e no inverno (18h02 e 18h). Na primavera, as abelhas voaram por 14 horas, no verão por 13 e no outono e no inverno por 12. Os limiares de temperatura para início de atividade foram, na primavera e no verão, 19 e 16°C e, no outono e no inverno, 12 e 14°C, e os de umidade relativa foram, na primavera e no outono, 40 e 31% e, no verão e no inverno, 47%. Ocorreram atividades de 12 a 39°C e de 31 a 97% de umidade relativa. Em todas as estações, a maior coleta foi de néctar e/ou água, seguida da de pólen. Só houve coletas de barro e de resina e remoção de detritos acima de 20°C. As correlações para temperatura foram majoritariamente negativas, e para umidade relativa, positivas.

Palavras-chave: abelha sem ferrão; movimento externo; atividade de voo; guaraiipo.

ABSTRACT

The influence of abiotic factors on the external activity of *Melipona bicolor schencki*, in Santa Catarina, Brazil, was studied by observing the external movement, for 12 months, with recording of temperature and relative humidity. The activities started later in the fall and winter (6:34 and 6:15) and earlier in the spring and summer (4:48 and 4:55) and ended later in the spring and summer (19:15 and 18:54) and earlier in the fall and winter (18:02 and 18). In the spring, the bees flew for 14 hours, in the summer for 13 and in the fall and winter for 12. The temperature thresholds for the beginning of the activity were, in the spring and summer, 19 and 16°C and, in the autumn and winter, 12 and 14°C, and the ones of relative humidity were, in the spring and autumn, 40 and 31% and, in summer and winter, 47%. Activities occurred from 12 to 39°C and from 31 to 97% of relative humidity. In all seasons, the largest foraging was nectar and / or water, followed by pollen. The collections of clay and resin and removal of debris occurred only above 20°C. The correlations for temperature were mostly negative and positive for relative humidity.

Keywords: stingless bee; external movement; flight activity; guaraiipo.

Recebido em: 27 jan. 2021

Aceito em: 25 jun. 2021

¹ Departamento de Ciências Biológicas, Universidade da Região de Joinville (Univille), Rua Paulo Malschitzki, n.º 10, Campus Universitário – CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

² Autor para correspondência: allisonleandrotietz@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O movimento externo de uma colônia de abelhas é a atividade de voo que os indivíduos desempenham para coletar néctar, pólen, água ou resina, para eliminar detritos, para localizar as fontes de alimento e para enxamear (HILÁRIO, 2005). A maioria dos estudos sobre as espécies de abelhas nativas transfere uma imagem uniforme e constante sobre suas características particulares (BRAND, 2017), entretanto a atividade de voo responde aos estímulos internos da colônia, às condições meteorológicas e às condições bióticas externas (competição, floradas, predação) (AGOSTINI *et al.*, 2014). O estudo da influência dos fatores abióticos tais como temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa, vento, chuva etc. sobre a atividade externa de Apoidea tem sido realizado principalmente para as espécies de interesse econômico como polinizadores, tendo em vista maximizar sua eficiência (BPBES & REBIPP, 2019).

A espécie *Melipona bicolor schencki*, popularmente conhecida como guaraipo, guaraipo-negra, guarapu, fura-terra, garapu, graipu ou pé-de-pau, é uma abelha sem ferrão e está na lista de espécies ameaçadas de Santa Catarina (FATMA & IGNIS, 2010). É encontrada no Paraguai, na Argentina e no Brasil, nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CAMARGO & PEDRO, 2013). Essa espécie atinge até 9 mm de comprimento, possui coloração de grafite à negra e em geral faz seu ninho na base de árvores. É encontrada eventualmente em troncos ocos de árvores altas (WILMS *et al.*, 1996). As colônias de *M. bicolor schencki* podem apresentar mais de uma rainha (KERR, 1949) (Figura 1). Segundo Nogueira-Neto (1997), trata-se de uma espécie que vive em florestas, com frequência em áreas úmidas perto de rios ou córregos.

Não há trabalhos realizados em Santa Catarina envolvendo *M. bicolor schencki* e os parâmetros reguladores da atividade externa da espécie. Assim, o presente trabalho visou verificar a influência dos fatores abióticos temperatura e umidade relativa sobre as várias atividades que compõem o movimento externo da espécie, incluindo a sazonalidade e a cronobiologia.



Figura 1 – Presença de mais de uma rainha em uma colônia de *Melipona bicolor schencki*.

Fonte primária.

METODOLOGIA

Área de estudo

O projeto foi realizado na Casa de Abelhas da Universidade da Região de Joinville (Univille), onde se encontram diversas colônias de abelhas sociais nativas. A Casa de Abelhas fica no Jardim

Botânico da instituição (26°18'16" S), 48° 50' de floresta tropical (mata atlântica), com temperatura anual de 21,1°C, clima subtropical (Köppen Cfa) (mesotérmico úmido, com verão quente), sendo o mês mais seco julho (com 77 mm de precipitação) e o mês com maior precipitação fevereiro (média de 246 mm). A precipitação anual está entre 1.700 e 1.900 mm, e a umidade relativa é de 84 a 86% (EPAGRI, 2003).

As colônias de *M. bicolor schencki* estavam ligadas ao exterior da Casa de Abelhas por tubos de plástico transparente, de forma que a saída/entrada da colônia 1 apontava para o Norte, a da colônia 2 para o Leste e a da colônia 3 para o Sul.

Material e métodos

A influência dos fatores abióticos sobre a atividade externa de *M. bicolor schencki* foi verificada por meio de observações do movimento que ocorre na entrada das colônias, sendo registradas simultaneamente as variações dos parâmetros ambientais.

Foram utilizadas três colônias de *M. bicolor schencki*, instaladas em caixas tipo Sakagami, fechadas na parte superior por uma camada de acetato, havendo sobre esta uma manta térmica e, acima desta, uma cobertura de madeira. As colônias comunicavam-se com o exterior por um tubo de plástico transparente.

O movimento foi observado por 10 minutos a cada hora. O intervalo e a duração das observações seguiram Oliveira (1973). No início de cada contagem, verificaram-se a temperatura e a umidade com o auxílio de um medidor de unidades climáticas Kestrel® 3500 NV. As medidas desses parâmetros foram realizadas próximas ao orifício de saída das abelhas. Foi usado um contador manual para contabilizar a saída e/ou a entrada das abelhas com as diferentes cargas.

A atividade das abelhas foi registrada uma vez por semana, ao longo do período ativo das colônias, por 12 meses (de agosto de 2019 a agosto de 2020), num total de 189 horas de observação. Os materiais coletados pelas abelhas foram identificados por observação direta: o pólen foi caracterizado pela aparência granular, a resina, pelo aspecto vítreo, e identificou-se o barro como opaco e úmido. As abelhas sem carga aparente de material foram registradas como coleta de néctar/água, como em Carvalho-Zilse *et al.* (2007).

Análise dos dados

Os dados foram tabulados, e calcularam-se as médias e o desvio padrão, assim como o coeficiente de correlação de Pearson (r), e o nível de significância adotado foi 5% de probabilidade. Os procedimentos estatísticos estão de acordo com Vieira (2015). Os dados foram processados com auxílio do programa Excel.

RESULTADOS

Atividades

A espécie estudada realizou as seguintes atividades: voos de orientação, voos para descartar detritos, voos para coletar recursos alimentares (néctar, água e pólen) e voos para coletar material de ninho (resina e barro) (Figura 2).

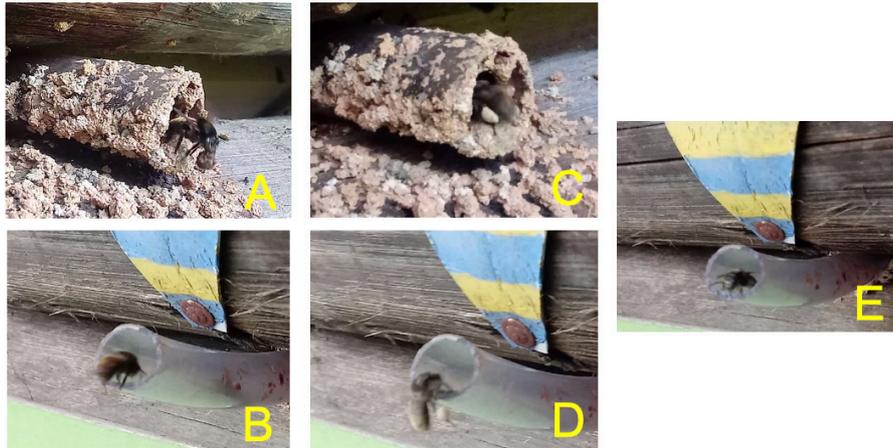
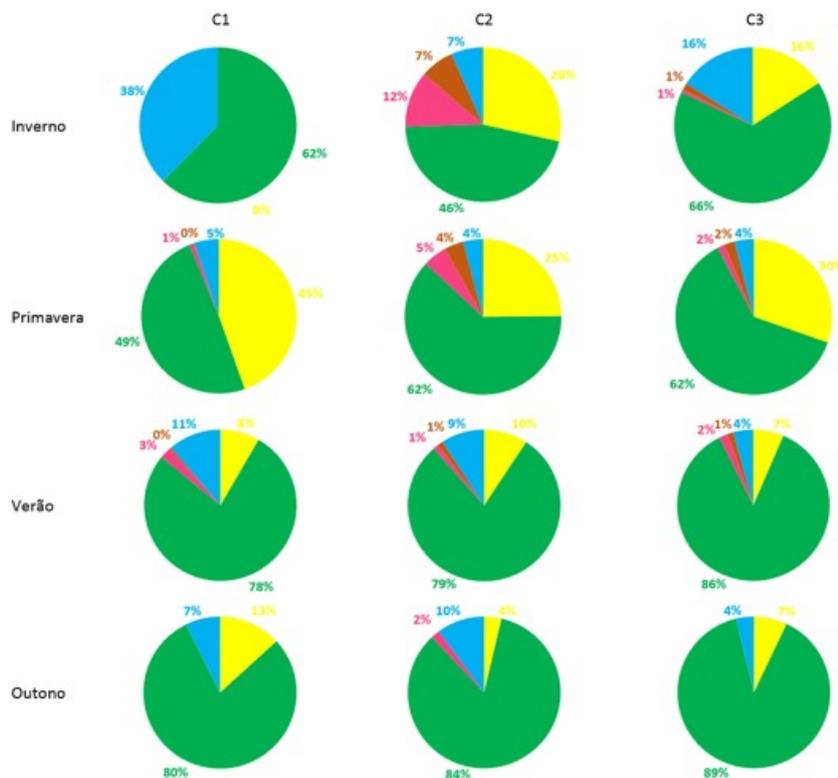


Figura 2 – Atividades realizadas por *Melipona bicolor schencki*: (A) saída com detritos; (B) entrada com néctar e/ou água; (C e D) entrada com pólen; (E) saída sem carga.

Fonte: primária.

A atividade que as abelhas exerceram com maior intensidade durante as quatro estações foi a busca de néctar e/ou água (Figura 3). A coleta de pólen foi maior na primavera, entretanto a coleta de néctar ultrapassou a de pólen em todas as coletas registradas.

A coleta de néctar ocorreu nas quatro estações e nas três colônias. A maior coleta de pólen ocorreu na primavera (nas três colônias) e no inverno (em duas colônias), sendo muito baixa no verão e no outono.



● Entrada com néctar e/ou água; ● entrada com pólen; ● entrada com resina; ● entrada com barro; ● saída sem carga; ● saída com detritos.

Figura 3 – Frequência relativa das atividades de *Melipona bicolor schencki* em diferentes estações para as três colônias.

Fonte: primária.

Horário

Durante o período de observações, o horário de atividade mais cedo registrado foi 4h48, e o horário mais tardio anotado foi 19h15 (Tabela 1). As abelhas estiveram em atividade externa por 12 horas no outono e no inverno, 14 horas na primavera e 13 horas no verão. Na primavera e no verão, mostraram o início do trabalho quando havia um mínimo de luminosidade (1 lux), finalizando o dia com os mesmos valores. Já no outono as atividades se iniciaram em 6 lux, encerrando-se com 1 lux, e, no inverno, o início das atividades ocorreu em 3 lux e teve seu fim em 6 Lux.

Tabela 1 – Horário de início (o mais cedo registrado) e término (o mais tardio registrado) das atividades de *Melipona bicolor schencki*, nas quatro estações.

Horário	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Início de atividades	6h34	6h15	4h48	4h55
Encerramento de atividades	18h2	18h	19h15	18h54

Fonte: primária.

Os horários de pico de cada atividade de entrada e saída com material estão na Tabela 2.

O verão foi a estação que mostrou maior concordância de horários de pico nas três colônias, seguido da primavera e do outono, e, finalmente, do inverno. Entretanto, apesar dos picos que se observaram, as três colônias não tiveram a todo o momento comportamento similar.

A atividade de coleta de resina ocorreu com mais frequência à tarde. Para barro, não há dados que sustentem um horário preferencial. Para néctar/água, o pico foi de manhã cedo na primavera e no verão e do meio ao fim da manhã no outono e no inverno. Para pólen, viu-se que, no outono e no inverno, os picos se situaram no meio do dia e, na primavera, no início da manhã, e no verão eles foram variáveis. Para detritos, no inverno, na primavera e no verão, os picos foram a manhã, e, no outono, o período da tarde.

Tabela 2 – Horários de pico de atividades diferentes de *Melipona bicolor schencki* nas quatro estações.

Horário de maior pico de atividade	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Detritos	C1: 15h C2: 15h C3: 11/12/15/16h	C1: 17h C2: 10h C3: 9h	C1: 12h C2: 6h C3: 7h	C1: 6h C2: 11h C3: 11h
Néctar e/ou água	C1: 10h C2: 11h C3: 10h	C1: 10h C2: 11h C3: 10h	C1: 7h C2: 5h C3: 5h	C1: 7h C2: 5h C3: 5h
Pólen	C1: 12h C2: 13/15h C3: 9h	C1: - C2: 12h C3: 11h	C1: 9h C2: 7h C3: 9h	C1: 19h C2: 8h C3: 16h
Resina	C1: - C2: 12h C3: -	C1: - C2: 15h C3: 14h	C1: 6h C2: 14h C3: 12/16h	C1: 6-7-8-9/15/16/17h C2: 7-8-9/15h C3: 15h
Barro	C1: - C2: - C3: -	C1: - C2: 14h C3: 9h	C1: 7h C2: 11h C3: 5/10/12/16h	C1: 11h C2: 6-7-8/12h C3: 8h

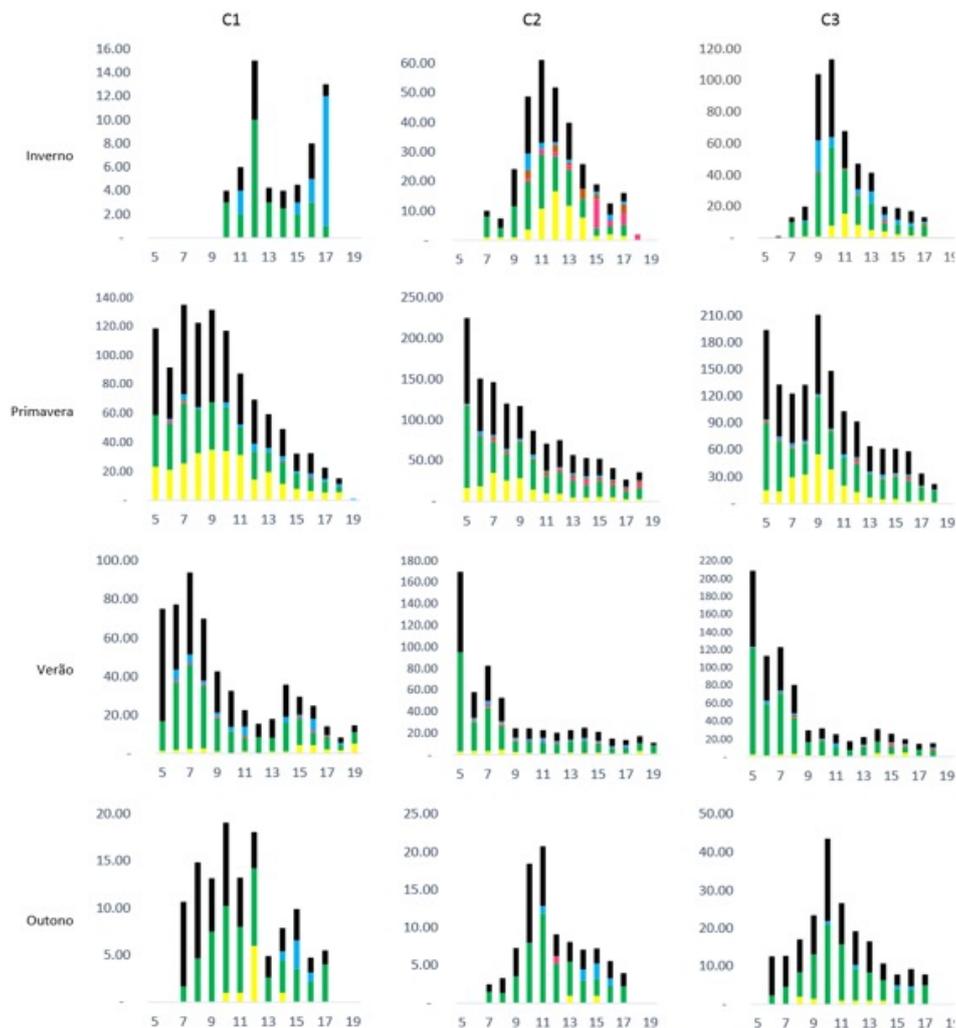
Fonte: primária.

De modo geral, é possível verificar que as três colônias desempenharam suas atividades de maneira semelhante nas diferentes estações, trabalhando mais durante a manhã do que à tarde (Figura 4). Os picos das atividades ocorreram de manhã. A quantidade de horas de atividade foi:

- no inverno: 7-11 horas;
- na primavera: 13-14 horas;
- no verão: 13-14 horas;
- no outono: 10-11 horas.

Observa-se uma linha de véu às 5 horas da manhã na primavera e no verão. Isso sugere que talvez a atividade externa começasse mais cedo ainda (eventualmente às 4 horas, horário em que não houve observações), ou então que os valores dos fatores abióticos temperatura e luminosidade, a partir das 5 horas da manhã, atingissem os limiares que permitem a atividade. Durante a primavera e o verão, verificou-se que a atividade decresceu significativamente das 9 horas da manhã em diante, quando a temperatura se torna mais elevada (por volta de 27°C). No outono e no inverno, o decréscimo iniciou-se mais tarde (das 10 às 12 horas).

A coleta de barro (exceto no outono, quando não houve coleta) mostrou picos de atividade apenas durante a tarde. Para a resina, em todas as estações do ano, os picos de coleta também ocorreram à tarde.



● Entrada com néctar e/ou água; ● entrada com pólen; ● entrada com resina; ● entrada com barro; ● saída sem carga; ● saída com detritos; *em ordenadas, quantidade de abelhas; em abcissas, horários. As quantidades de abelhas são a soma das médias das diferentes cargas nos horários mencionados.

Figura 4 – Atividade de voo nas diferentes estações do ano para cada colônia de *Melipona bicolor schencki* em comparação com os horários para as atividades*.

Fonte: primária.

Atividades e fatores abióticos

A quantidade de indivíduos nas diferentes atividades em relação às variações dos fatores abióticos nas quatro estações está disposta nas Figuras de 5 a 12.



Figura 5 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da temperatura (°C) nas três colônias (C1, C2 e C3), nas abcissas, no outono.

Fonte: primária.

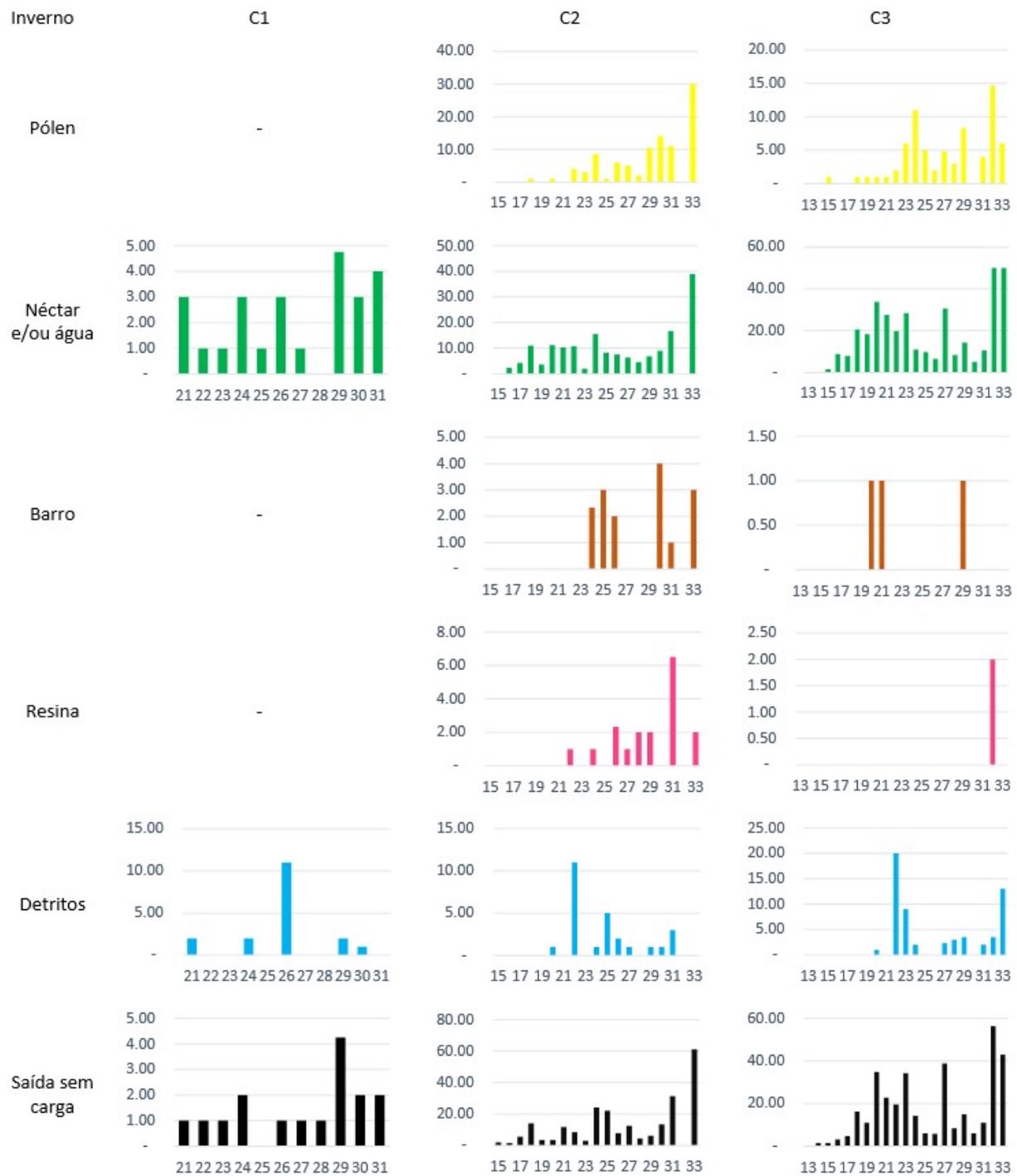


Figura 6 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da temperatura (°C) nas três colônias (C1, C2 e C3), nas abcissas, no inverno.

Fonte: primária.



Figura 7 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da temperatura (°C) nas três colônias (C1, C2 e C3), nas abcissas, na primavera.

Fonte: primária.

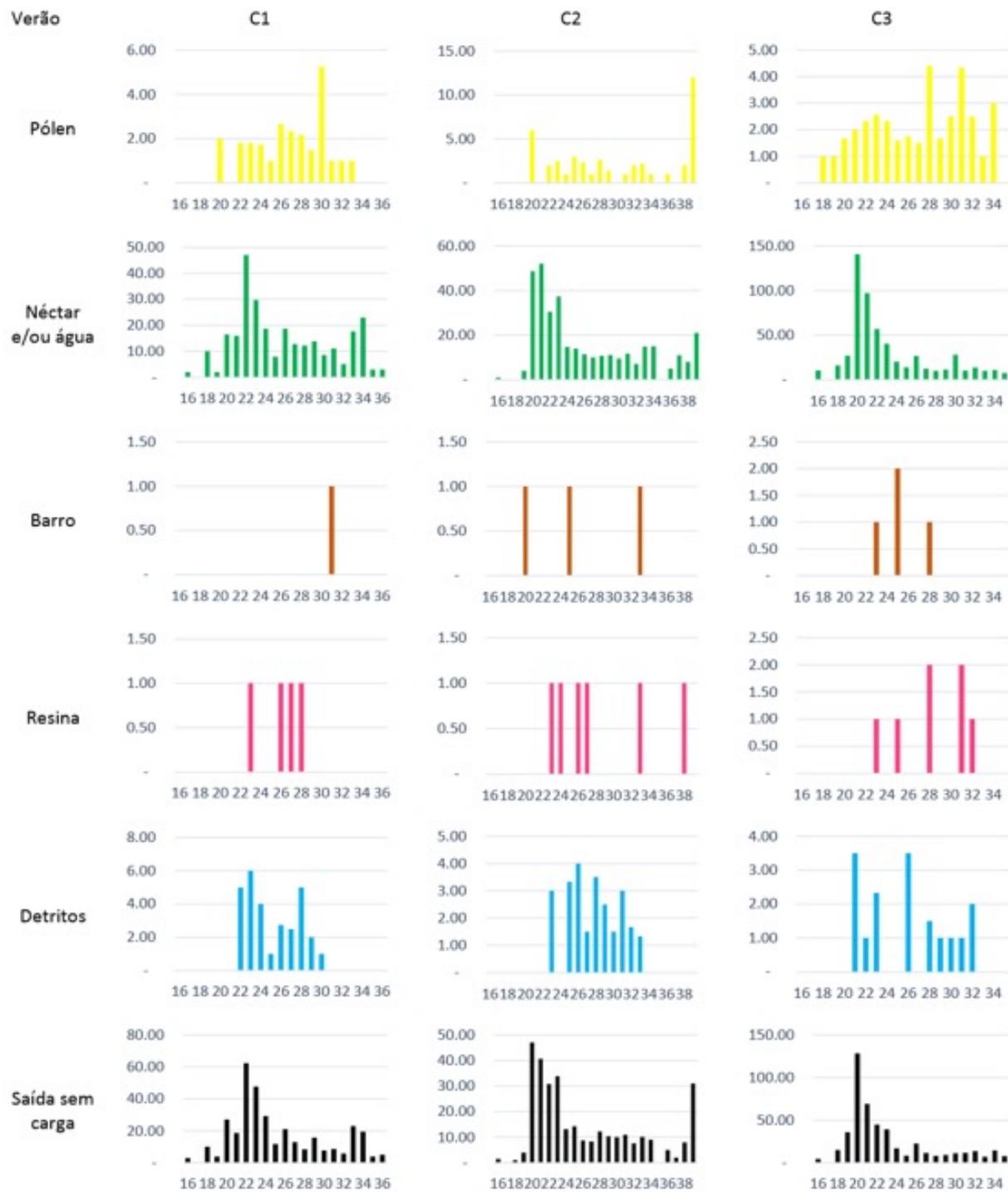


Figura 8 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da temperatura (°C) nas três colônias (C1, C2 e C3), nas abcissas, no verão.

Fonte: primária.

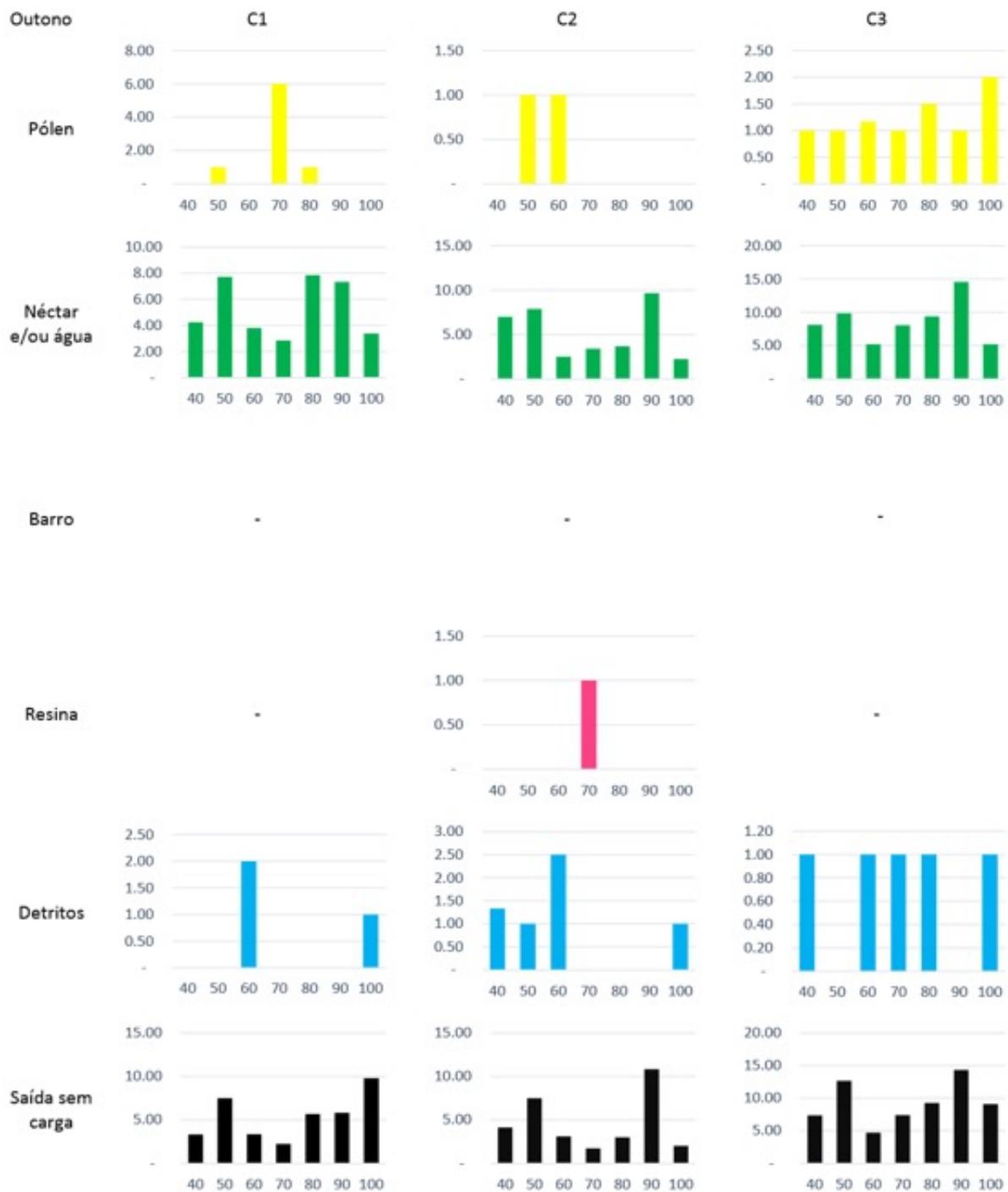


Figura 9 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da umidade relativa (%) (abscissas) nas três colônias (C1, C2 e C3), no outono.

Fonte: primária.

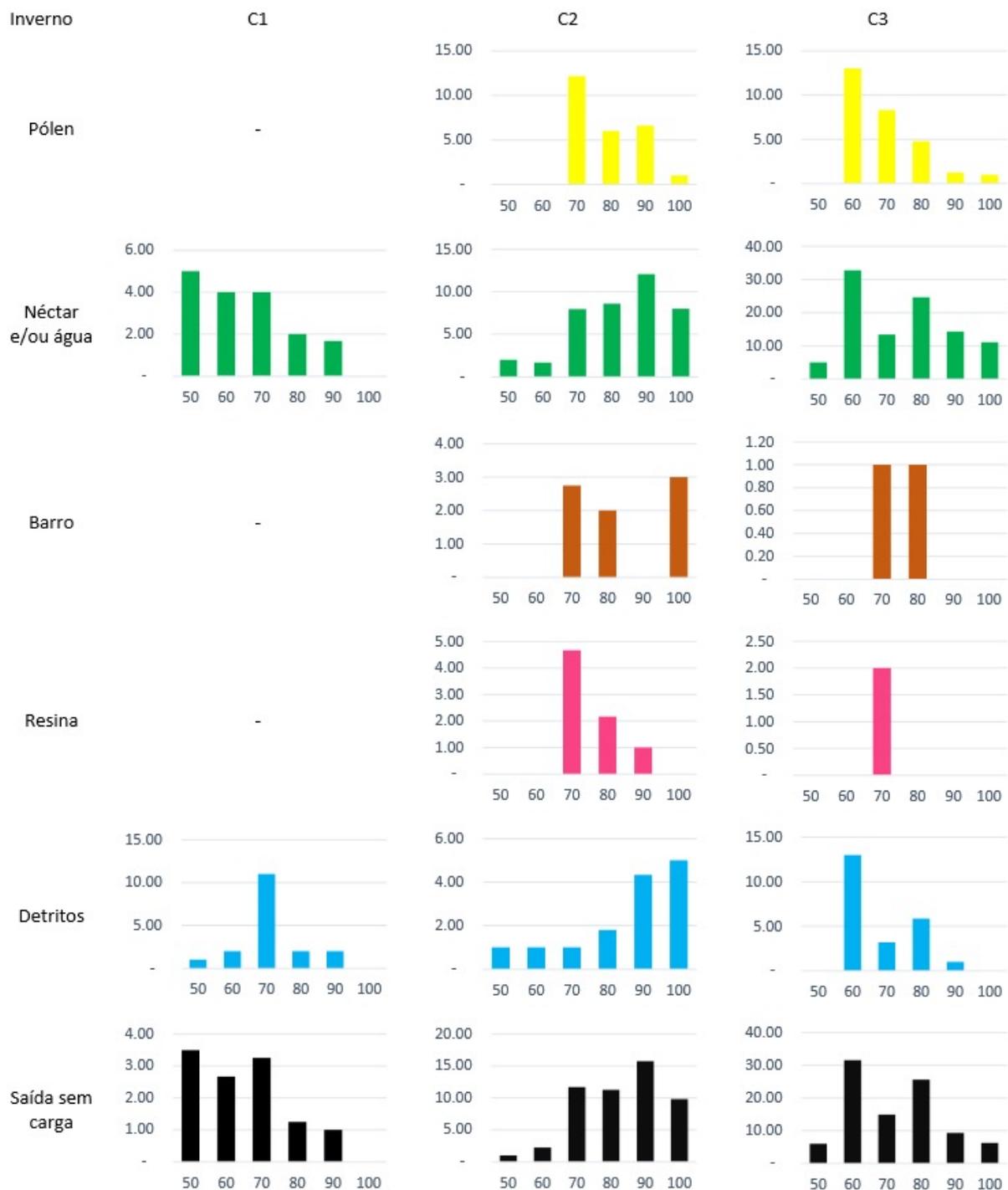


Figura 10 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da umidade relativa (%) (abscissas) nas três colônias (C1, C2 e C3), no inverno.

Fonte: primária.



Figura 11 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da umidade relativa (%) (abcissas) nas três colônias (C1, C2 e C3), na primavera.

Fonte: primária.

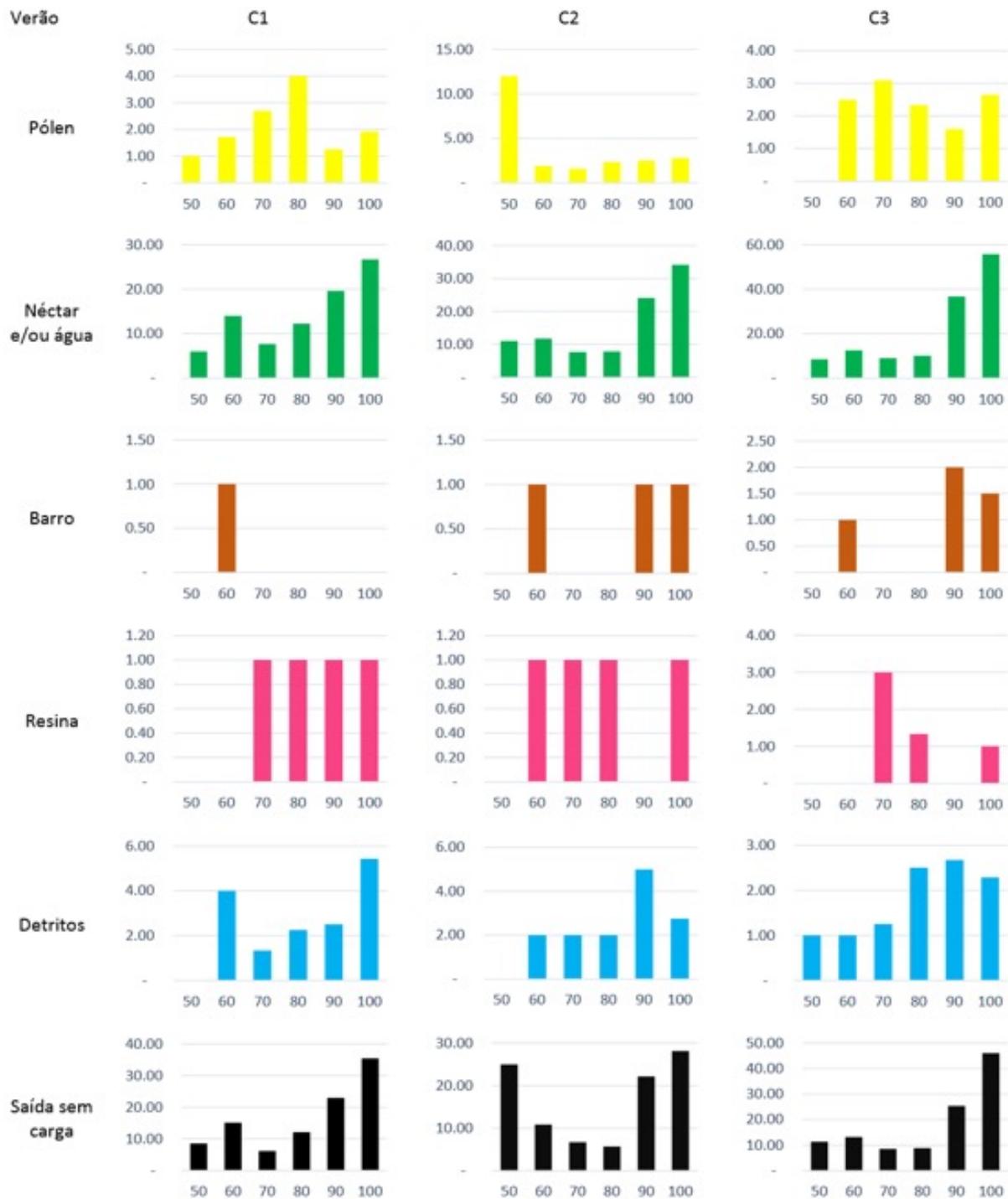


Figura 12 – Quantidade de indivíduos de *Melipona bicolor schencki* (ordenadas) em cada atividade (pólen, néctar/água, barro, resina, detritos, sem carga) e variação da umidade relativa (%) (abscissas) nas três colônias (C1, C2 e C3), no verão.

Fonte: primária.

A temperatura mínima em que os indivíduos mostraram atividade externa foi 12°C, e a máxima, 39°C. A umidade relativa mínima em que houve atividade foi 31%, e a máxima, 97% (Figura 13). Dessa forma, a amplitude para a temperatura foi de 12 a 39°C, enquanto a umidade relativa ficou entre 31 e 97%.

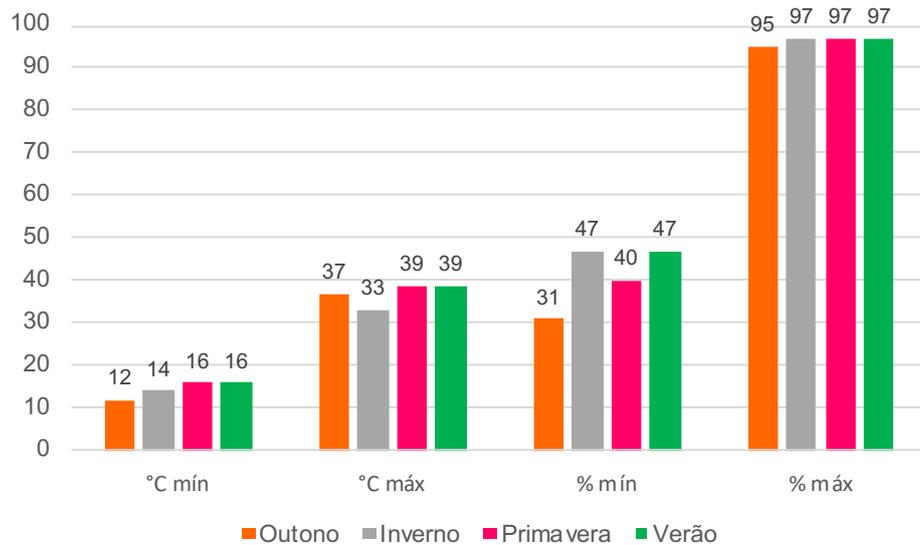


Figura 13 – Limiares climáticos mínimos e máximos (temperatura e umidade relativa) para as atividades de *Melipona bicolor schencki*, nas quatro estações.

Fonte: primária.

Os limiares para o desenvolvimento de atividades em relação às estações encontram-se na Tabela 3.

No outono, as abelhas saíram para coletas e coletaram néctar na mesma temperatura (12°C), enquanto a remoção de detritos ocorreu 9°C acima da temperatura dessas atividades (21°C), e a coleta de resina, 14°C acima da temperatura de coleta de néctar (26°C). No inverno, a coleta de néctar e a de pólen ocorreram na mesma temperatura (15°C). A saída para coleta de recursos iniciou-se 1°C abaixo, diferentemente da remoção de detritos, que ocorreu 5°C acima: de resina 7°C e de barro 9°C acima da temperatura das coletas de néctar e pólen. Na primavera, a saída para coleta de recursos, a coleta de néctar e a de pólen e a remoção de detritos começaram na mesma faixa (16°C), e a coleta de resina deu-se 3°C acima, e a de barro, 4°C. No verão, a saída para coletas e a coleta de néctar ocorreram na mesma faixa de temperatura (16°C). A coleta de pólen ocorreu 2°C acima, a coleta de barro 4°C, a remoção de detritos 5°C e a coleta de resina 8°C acima da temperatura da coleta de néctar. Todas as coletas de barro ao longo do ano aconteceram em temperaturas acima de 20°C, e ocorreu o mesmo com a coleta de resina e com a eliminação de detritos.

Tabela 3 – Limiares climáticos (temperatura e umidade relativa) nas quatro estações para as diferentes atividades de *Melipona bicolor schencki*.

	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Sem carga	12-37°C	14-33°C	16-39°C	16-39°C
	31-95,2%	47,2-97,8%	40,5-97,5%	47,6-97,3%
Detritos	21-37°C	20-33°C	16-35°C	21-33°C
	34-93,3%	57,1-91,8%	40,5-93,8%	48,4-97,3%
Néctar e/ou água	12-37°C	15-33°C	16-39°C	16-39°C
	31-95%	47,2-97,8%	40,5-94,8%	47,6-97,3%
Pólen	14-37°C	15-33°C	16-39°C	18-39°C
	37,7-93,8%	57,1-92%	40,5-97,5%	47,6-96,4%
Resina	26-26°C*	22-33°C	19-38°C	23-38°C
	62,5-62,5%*	60,1-83,6%	40,5-97,5%	55,9-95,3%
Barro	-	24-33°C	20-32°C	20-33°C
	-	60,1-91,8%	49,5-97,5%	53,3-93,9%

*Houve apenas uma saída de resina, e esta ocorreu na temperatura e na umidade relativa indicadas na tabela.

Fonte: primária.

Correlações

Foram encontradas variadas correlações para as três colônias, tanto positivas quanto negativas, para os fatores abióticos temperatura e umidade relativa, nas diferentes atividades analisadas (saída sem carga, saída com detritos, entrada com néctar/água, pólen, resina e barro). O valor de p considerado foi de 0,05. Nas Tabelas 4 e 5, são apresentadas apenas as correlações que se mostraram significativas.

Quanto à temperatura, verificaram-se 84 correlações significativas para as atividades analisadas (24 positivas e 60 negativas). Resina e barro não mostraram correlação com a temperatura. Para saída com detritos, houve quatro correlações (uma positiva e três negativas); para entrada com pólen, nove (cinco positivas e quatro negativas); para saída sem nada, 35 (seis positivas e 29 negativas); e para entrada com néctar, 36 (12 positivas e 24 negativas).

Assim, a temperatura mostrou correlações significativas destacadas com as atividades, em termos de quantidade, decrescentemente, ou seja, negativas predominantemente, para saída com detritos, saída sem nada e entrada com néctar.

Tabela 4 – Correlações significativas para *Melipona bicolor schencki* entre temperatura e as atividades, nas quatro estações, nas três colônias.

Temperatura	Saída sem carga	Detritos	Néctar/água	Pólen	Resina	Barro
			$r = +0,724503$ (C1) (n = 10)			
			$r = +0,712936$ (C1) (n = 8)			
	$r = -0,72253$ (C1) (n = 15)		$r = +0,998443$ (C1) (n = 3)			
	$r = -0,75526$ (C1) (n = 13)		$r = -0,75011$ (C1) (n = 13)			
	$r = -0,68326$ (C1) (n = 11)		$r = -0,76835$ (C1) (n = 12)			
	$r = +0,761467$ (C2) (n = 9)		$r = -0,89283$ (C1) (n = 9)			
	$r = +0,858676$ (C2) (n = 7)		$r = +0,73045$ (C2) (n = 11)			
	$r = -0,80822$ (C2) (n = 13)		$r = +0,804018$ (C2) (n = 9)			
Outono	$r = -0,85165$ (C2) (n = 9)		$r = +0,833963$ (C2) (n = 8)			
	$r = -0,91474$ (C2) (n = 5)		$r = +0,960913$ (C2) (n = 4)			
	$r = -0,74446$ (C2) (n = 11)		$r = -0,8847$ (C2) (n = 12)			
	$r = -0,77965$ (C2) (n = 7)		$r = -0,87679$ (C2) (n = 10)			
	$r = -0,95487$ (C3) (n = 4)		$r = -0,80012$ (C2) (n = 7)			
	$r = -0,96515$ (C3) (n = 4)		$r = + 0,70845$ (C3) (n = 10)			
	$r = -0,71853$ (C3) (n = 9)		$r = -0,99843$ (C3) (n = 3)			
			$r = -0,67121$ (C3) (n = 9)			
			$r = -0,59437$ (C3) (n = 13)			

continua...

Continuação da tabela 4

Temperatura	Saída sem carga	Detritos	Néctar/água	Pólen	Resina	Barro
Inverno			r = -0,90091 (C2) (n = 5)			
			r = +0,9371174 (C3) (n = 6)			
	r = -0,89343 (C2) (n = 5)		r = -0,655466 (C3) (n = 11)	r = +0,636124 (C2) (n = 16)		
	r = +0,862728 (C3) (n = 6)		r = -0,911371 (C3) (n = 7)	r = +0,819345 (C3) (n = 7)		
			r = -0,998151 (C3) (n = 3)			
Primavera	r = -0,99999 (C1) (n = 4)					
	r = -0,7278 (C1) (n = 9)	r = -0,99893 (C2) (n = 4)				
	r = -0,68132 (C2) (n = 21)	r = +0,997949 (C3) (n = 3)	r = -0,92909 (C1) (n = 5)	r = -0,98106 (C1) (n = 4)		
	r = -0,64075 (C2) (n = 12)	r = -0,89502 (C3) (n = 6)	r = +0,973506 (C3) (n = 5)	r = +0,998158 (C3) (n = 3)		
	r = +0,697016 (C3) (n = 10)	r = -0,91145 (C3) (n = 5)				
	r = -0,99928 (C3) (n = 3)					
	r = +0,821623 (C1) (n = 7)					
	r = -0,99897 (C1) (n = 4)		r = +0,820645 (C1) (n = 7)			
	r = -0,90684 (C1) (n = 7)		r = -0,77306 (C1) (n = 11)			
	r = -0,83166 (C1) (n = 11)		r = -0,76599 (C1) (n = 9)			
Verão	r = -0,7796 (C1) (n = 7)		r = -0,79476 (C1) (n = 7)			
	r = -0,81312 (C2) (n = 19)		r = -0,99247 (C1) (n = 4)	r = -0,96476 (C1) (n = 4)		
	r = -0,8356 (C2) (n = 18)		r = +0,851928 (C2) (n = 6)	r = +0,980418 (C3) (n = 6)		
	r = -0,84673 (C2) (n = 13)		r = -0,74154 (C2) (n = 16)	r = +0,979698 (C3) (n = 5)		
	r = -0,95448 (C2) (n = 8)		r = -0,7989 (C2) (n = 12)	r = -0,90968 (C3) (n = 5)		
	r = -0,92169 (C2) (n = 5)		r = -0,98345 (C2) (n = 4)	r = -0,99834 (C3) (n = 3)		
	r = -0,729 (C2) (n = 15)		r = -0,96198 (C3) (n = 6)			
	r = +0,985317 (C3) (n = 5)		r = -0,73569 (C3) (n = 16)			
	r = -0,93603 (C3) (n = 6)		r = -0,87549 (C3) (n = 9)			
	r = -0,70445 (C3) (n = 16)					

Fonte: primária.

Tabela 5 – Correlações significativas para *Melipona bicolor schencki* entre umidade relativa e as atividades, nas quatro estações, nas três colônias.

Umidade	Saída sem carga	Detritos	Néctar/água	Pólen	Resina	Barro
Outono	r = +0,954243 (C1) (n = 4)					
	r = +0,97752543 (C3) (n = 4)					
	r = +0,96939116 (C3) (n = 4)					
	r = -0,93537016 (C1) (n = 6)		r = -0,97194 (C1) (n = 6)			
Inverno	r = -0,88441504 (C1) (n = 5)		r = -0,95578 (C1) (n = 5)	r = -0,96832 (C3) (n = 5)		
	r = +0,946368 (C2) (n = 5)		r = -0,97 (C1) (n = 4)	r = -0,95369 (C3) (n = 4)		
	r = +0,900133 (C2) (n = 6)		r = +0,811618 (C2) (n = 6)			
	r = +0,940505 (C2) (n = 5)		r = +0,950578 (C2) (n = 5)			
	r = +0,970472 (C2) (n = 4)					
			r = +0,843345 (C1) (n = 6)			
Primavera			r = +0,899818 (C1) (n = 5)	r = +0,951307 (C2) (n = 4)	r = +0,997795 (C2) (n = 3)	r = +0,78925508 (C3) (n = 6)
			r = +0,90908639 (C3) (n = 6)			
			r = +0,89031530 (C3) (n = 5)			
			r = +0,863118 (C1) (n = 6)	r = +0,991499 (C1) (n = 4)		
Verão	r = +0,988944 (C1) (n = 4)	r = +0,86657615 (C3) (n = 6)	r = +0,995347 (C1) (n = 4)	r = +0,888287 (C2) (n = 5)		
	r = +0,99781942 (C3) (n = 3)		r = +0,950859 (C2) (n = 4)	r = +0,951404 (C2) (n = 4)		
			r = +0,84116031 (C3) (n = 6)	r = -0,99995593 (C3) (n = 3)		
			r = +0,95450348 (C3) (n = 4)			

Fonte: primária.

Quanto à sazonalidade e à temperatura, as quantidades de correlações significativas observadas, decrescentemente, ou seja, negativas, foram: 31 no verão (seis positivas e 25 negativas), 31 no outono (seis positivas e 25 negativas), 14 na primavera (quatro positivas e 10 negativas) e nove no inverno (três positivas e seis negativas), ou seja, 19 positivas e 66 negativas.

No que se refere a sazonalidade, atividades e temperatura, no outono, a temperatura mostrou-se destacada para a atividade de coleta de néctar (17 correlações, das quais nove foram negativas). No inverno, a coleta de néctar também mostrou mais correlações (quatro negativas de cinco no total). Na primavera, a temperatura sobressaiu para as atividades saída sem carga (seis correlações, sendo cinco negativas) e saída com detritos (quatro correlações, das quais três foram negativas). No verão a temperatura se destacou com saída sem carga (14 correlações, sendo 12 negativas) e entrada com néctar (12 correlações, das quais 10 foram negativas).

As correlações das atividades analisadas de *M. bicolor schencki* com a temperatura mostraram, de modo geral, ser negativas. Isto é, em níveis maiores de temperatura, há menos atividades.

Para a umidade relativa, verificaram-se 35 correlações significativas para as atividades analisadas (27 positivas e oito negativas). Houve uma correlação (positiva) para detritos, resina e

barro, uma (positiva) para entrada com resina e uma (positiva) para entrada com barro. Para entrada com pólen, foram sete as correlações (quatro positivas e três negativas); para saída sem carga, 11 (nove positivas e duas negativas); e para entrada com néctar, 14 (11 positivas e três negativas).

Assim, a umidade relativa teve correlações significativas destacadas com as atividades. Em termos de quantidade de correlações, elas foram crescentes, ou seja, positivas predominantemente, para saída com detritos, saída sem carga e entrada com néctar.

No tocante à sazonalidade e à umidade relativa, as quantidades de correlações significativas observadas crescentemente, ou seja, positivas, foram: três no outono (todas positivas), 13 no inverno (sendo seis positivas e sete negativas), sete na primavera (todas positivas) e 12 no verão (11 positivas e uma negativa).

Quanto a sazonalidade, atividades e umidade relativa, no outono, apenas a saída sem carga mostrou correlação (três, todas positivas). No inverno, a saída de detritos e as entradas com resina e barro não mostraram correlações. A saída sem carga apontou maiores correlações (seis, sendo quatro positivas), seguida de néctar (cinco no total, sendo três negativas) e pólen (duas, ambas negativas). Na primavera, a saída sem carga e a com detritos não mostraram correlações. A coleta de néctar mostrou maiores números de correlações (quatro, positivas), seguida de pólen, resina e barro (uma para cada atividade, todas positivas). No verão, a coleta de resina e a de barro não exibiram correlações. A coleta de néctar mostrou maior número de correlações (cinco, todas positivas), seguida de pólen (quatro, sendo três positivas), saída sem carga (duas, positivas) e detritos (uma, positiva).

As correlações de atividades analisadas de *M. bicolor schencki* com umidade relativa se revelaram, de modo geral, positivas. Ou seja, em níveis maiores de umidade relativa, há mais atividades.

Verificaram-se poucas correlações para entrada com resina e com barro. Para saída sem nada, saída com detritos, entrada com pólen e entrada com néctar, constataram-se maior quantidade de correlações negativas para temperatura e maior quantidade de correlações positivas para umidade relativa.

DISCUSSÃO

Atividades

Ferreira Junior *et al.* (2010) mostraram em seu trabalho com *M. bicolor schencki* que o néctar e/ou a água foram os recursos mais frequentemente coletados, seguidos de pólen e resina/barro, e essa ordem se manteve em todas as quatro estações do ano. No presente trabalho, as abelhas comportaram-se de maneira semelhante, e todos os horários de pico para essa atividade ocorreram durante a manhã.

Em abelhas da tribo Meliponini, dentro das colônias, há formações grandes de barro misturado a própolis (o chamado geoprópolis, ou batume), e isso também é observado em *M. bicolor* (NOGUEIRA-NETO, 1997). No presente estudo, a coleta de barro e a de resina mantiveram-se sempre abaixo daquelas de néctar e pólen, o que foi verificado também por Hilário *et al.* (2000) e Ferreira Junior *et al.* (2010).

Em relação às coletas de barro e resina, quando as colônias deste trabalho foram estudadas, elas já tinham um ou mais anos de vida. No início da vida na caixa, possivelmente, houve grande coleta de resina e barro para a completa instalação, e, depois disso, as abelhas passaram a coletar pouca quantidade, tendo havido apenas reposição do material faltante, o que explicaria a pouca coleta observada dessas cargas.

Apesar de mostrarem muitas semelhanças entre si, as três colônias estudadas não se comportaram sempre de maneira similar. Peters *et al.* (1998) verificou que a espécie *Melipona bicolor bicolor* apresenta muito polimorfismo entre seus *loci* em diferentes indivíduos. No caso do presente trabalho, mesmo tratando-se de uma subespécie diferente (*M. bicolor schencki*), esse polimorfismo poderia explicar as variações de atividades observadas entre as colônias examinadas.

Horas do dia, sazonalidade e atividades

Os diversos aspectos das decisões comportamentais das abelhas são complexos e podem sofrer influências tanto de fatores ambientais quanto coloniais (CAMPOS *et al.*, 2010).

De acordo com Hilário *et al.* (2000), algumas espécies saem predominantemente nas primeiras horas da manhã, enquanto outras têm sua atividade máxima no período da tarde. As estratégias de coleta das várias espécies e suas preferências florais influenciam esse momento de seleção. Além disso, a fisiologia de cada espécie também contribui na determinação dos limites dessa janela ambiental, em que as condições de voo são ótimas ou permitidas.

Segundo Roubik (1989), as abelhas grandes podem voar sob baixa intensidade de luz, já que, por causa de seu tamanho, têm maior capacidade de absorverem calor, de modo que podem controlar sua temperatura corporal e suportar baixas temperaturas, que geralmente ocorrem durante a madrugada, quando a temperatura é alguns graus mais baixa (YNOUE *et al.*, 2017).

Teixeira & Campos (2005) afirmam, em seu estudo, que abelhas maiores (incluindo *M. quadrifasciata* e *M. bicolor*) iniciaram as atividades mais cedo (entre 6h2 e 7h4), quando era mais frio (11,3 e 12°C), mas vale ressaltar que as observações foram realizadas a partir das 6 horas. No presente trabalho, o horário mais cedo que a abelha saiu foi às 4h48 na primavera, seguida pelo verão (4h55), inverno (6h15) e, finalmente, outono (6h34).

Em Hilário *et al.* (2000), a maior atividade de voo de *M. bicolor bicolor* ocorreu durante a manhã, entre 8 e 12 horas, lembrando que nenhuma observação foi feita antes disso. As colônias médias atingiram seu pico às 9 horas, as colônias fracas apresentaram pico de atividade externa às 12 horas, com mais intensidade entre 12 e 14 horas, e as colônias fortes mostraram seu pico de atividade às 8 horas. Em condições favoráveis, Kleinert-Giovannini & Imperatriz-Fonseca (1986) observaram que o forrageamento da abelha *Melipona marginata obscurior* ocorre ao longo do dia, mas é mais ativo entre 11 e 13 horas. No presente trabalho, as abelhas mostraram mais atividade durante o período da manhã. Especificamente na primavera e no verão, os picos ficaram entre as 5 e as 10 horas, e a faixa de mais atividade, entre 10 e 12 horas, ocorreu no outono e no inverno.

Ferreira Junior *et al.* (2010), para *M. bicolor schencki*, afirmam que, durante a primavera, as abelhas voaram por 14 horas, perfazendo menos horas diárias nas outras estações, sendo o mínimo oito horas no inverno. No presente trabalho, para a primavera, os dados são semelhantes, mas o mínimo de atividade (no outono e no inverno) foi de 12 horas.

O comportamento das abelhas de sair de madrugada e eventualmente permanecer ativas até o entardecer e mais tarde ainda indica que podem acessar os recursos nesses momentos que têm menor competição e maior quantidade atrativa de materiais (DOORN & MEETEREN, 2003). Isso também se deve ao fato de que há espécies de plantas que permanecem com as flores abertas durante a noite ou se abrem muito cedo (BAKER, 1961), entretanto a maioria das plantas começa a abrir suas flores ou disponibilizar seus recursos somente quando clareia (DAAN, 1981).

Hilário *et al.* (2000) observaram que *M. bicolor bicolor* tem preferência em coletar o pólen nas primeiras horas da manhã. Ferreira Junior *et al.* (2010) constataram algo semelhante para *M. bicolor schencki*. No presente trabalho, as abelhas comportaram-se de modo semelhante, com exceção da estação inverno, das colônias 1 e 3 no verão e 1 e 2 no outono, indicando que há variações.

O pico da coleta de pólen pela manhã está relacionado à disponibilidade de recursos, pois, em geral, o pólen pode ser obtido em grandes quantidades nas primeiras horas da manhã, mas, por causa da busca constante de abelhas, o pólen torna-se escasso no fim do dia (TIETZ & MOUGA, 2019).

Assim, o padrão de atividade de forrageamento de pólen no gênero *Melipona* pode ser considerado adaptativo, porque a pressão de prevenção competitiva entre os coletores de pólen faz com que venha a valer a pena coletar o material o mais rápido possível (ROUBIK, 1989), o que evoluiu para o comportamento aqui observado.

Hilário *et al.* (2000) mostram que, para *M. bicolor bicolor*, a coleta de barro e de resina cresceu ao longo do dia, atingindo seu pico ao anoitecer. No trabalho de Ferreira Junior *et al.* (2010) com *M. bicolor schencki*, a resina e o barro foram trazidos à colônia com menor intensidade do que os outros materiais ao longo do ano, sendo mais coletados durante a primavera. Tietz & Mouga (2019)

observaram que a abelha *Melipona mondury* coleta resina e barro após a coleta de pólen e néctar, no fim da manhã ou no início da tarde. Segundo Bruijn & Sommeijer (1997), meliponíneos coletam resina durante períodos de baixa coleta de pólen e néctar, pois as forrageadoras mudam de um recurso para outro em algum momento.

Os autores afirmam ainda que a forma como a resina é coletada está associada com a ergonomia de saída e entrada do ninho e a sua relação com o sistema de defesa da colônia. Isso porque, em colônias de *Melipona*, geralmente existe um orifício de entrada, que permite a passagem de abelhas, uma por vez, e essa entrada é protegida por uma única abelha. Há um tubo estreito atrás da entrada do ninho, e o retorno das abelhas com resina causa problemas com o transporte, pois a substância pegajosa bloqueia o canal da entrada, o que pode explicar que a resina é coletada durante períodos em que o número de atividades de voo é baixo. Faz-se necessário também considerar a prioridade de coletas (pólen e néctar são prioritários) e a viscosidade ótima da resina no manuseio e no transporte, pois a viscosidade depende do horário do dia e da umidade relativa (TIETZ & MOUGA, 2019).

Sobre a eliminação de detritos, Hilário *et al.* (2000) dizem que esta ocorreu com maior frequência no início da manhã e ao final da tarde para *M. bicolor bicolor*. Tietz & Mouga (2019) observaram que a abelha *M. mondury* costuma eliminar detritos usualmente durante a manhã. No presente trabalho, apesar de os picos de atividade ocorrerem no período da manhã (exceto para a estação outono), a eliminação de detritos mostrou-se mais frequente à tarde, em diferentes horários.

No presente trabalho, as atividades de barro, resina e detritos deram-se em temperaturas mais elevadas, após as atividades de pólen e néctar. Há que se considerar que, em termos de atividades da colônia, as atividades envolvendo barro, resina e detritos são menos relevantes, podendo então ser realizadas de modo menos restritivo (NOGUEIRA-NETO, 1997).

Correlações

Observaram-se no presente trabalho muito mais correlações negativas para a temperatura. Ou seja, com o aumento da temperatura, há menos atividade externa. O aumento da temperatura significa também o decorrer das horas, pois a temperatura vai aumentando ao longo do dia, até determinado horário. Assim, essa correlação negativa significa que essa espécie de abelha inicia suas atividades cedo e vai diminuindo seu ritmo à medida que as horas se passam. Tal comportamento pode ser considerado como uma estratégia para evitar competição com outras espécies mais tardias.

Segundo Heinrich (1981), vários mecanismos de termorregulação podem ocorrer em meliponíneos, incluindo o comportamento (como ajustes da posição no voo, posicionamento no solo e controle do fluxo do calor nas colônias), a anatomia (abundância e distribuição de pelos) e a fisiologia (controle da produção e da perda de calor). Conforme Gribodo (1893 *apud* TENUTTI, 2015), a guaraiipo é uma abelha média robusta cuja pilosidade abundante é eriçada como um veludo (a abelha possui cerdas finas e sedosas). Essa espécie possui tamanho de 8,9 mm. Quando jovem, apresenta pilosidade ferrugínea e, quando adulta, sua coloração é preta (WITTER & BLOCHTEIN, 2009).

A temperatura do corpo de uma abelha é próxima à temperatura ambiente, mas abelhas têm capacidade de regular a temperatura torácica produzindo calor em seu interior e, por isso, conseguem manter o controle da temperatura independentemente da temperatura ambiente (HEINRICH & ESCH, 1994).

Segundo Camargo & Pedro (2013), a abelha *M. bicolor schencki* vive nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro e São Paulo, estando presente também na Argentina (Misiones) e no Paraguai (Alto Paraná).

No sul do Brasil, as estações mostram-se bastante diferenciadas entre os meses de inverno e verão. Assim, em julho, os valores médios de temperatura variam de 11°C no sul a 18°C no norte dessa região, porém há um efeito muito significativo do relevo, com menores temperaturas nas maiores elevações, havendo na serra catarinense no inverno ocorrências de geada e, eventualmente, de neve. No verão o litoral de Santa Catarina apresenta temperatura média de 22°C em janeiro, no extremo oeste essa temperatura sobe para 25°C, mas nas regiões mais altas a temperatura média é menor que 20°C (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Segundo Tenutti (2015), a abelha guaraiipo também é encontrada em Cambará do Sul (Rio Grande do Sul, Brasil), localizada em uma das regiões mais frias do Brasil, o que demonstra a capacidade dessa espécie de sobreviver ao frio. Em ambiente natural, essa abelha tem o hábito de nidificar muito próximo ao solo, ocupando também as extensões das raízes para depositar o mel, sendo raramente encontrados ninhos acima de 3 m de altura, o que lhe rendeu o nome popular de pé-de-pau (TENUTTI, 2015). Há, no solo, menos variação de temperatura, o que favorece o mecanismo primário de manutenção das temperaturas ótimas do ninho (JONES & OLDROYD, 2006). As características de termorregulação e de nidificação citadas anteriormente possivelmente se constituem em adaptações congruentes para a vida em região com variações de temperatura mais marcadas.

Ferreira Junior *et al.* (2010) afirmam que a luminosidade essencial para o início de trabalho da abelha *M. bicolor schencki* é de 3 lux e ressaltam que a luminosidade se mostra tão importante quanto a temperatura para o voo, mesmo que as abelhas não mostrem responder tão bem às variações de luminosidade \times temperatura. Como as temperaturas diárias são mais elevadas na primavera e no verão em comparação com as do outono e do inverno, no presente trabalho, o começo das atividades externas de *M. bicolor schencki* mostrou ser mais influenciado pela temperatura do que pela luminosidade. Portanto, a luz não é o fator determinante para o início da atividade de voo, mas essencial (TIETZ & MOUGA, 2019).

Diferentemente da temperatura, observaram-se mais correlações positivas do que negativas para a umidade. A diminuição da umidade relativa significa também o decorrer das horas, pois a umidade relativa diminui ao longo do dia (até o fim do dia, quando então aumenta novamente). Assim, essa correlação positiva também significa que a referida espécie de abelha desenvolve suas atividades cedo (período com umidade relativa elevada) e diminui seu ritmo à medida que as horas se passam. A espécie sai mais quando o ambiente está úmido e tem temperaturas menos elevadas, ou seja, nas primeiras horas do dia. Tal como para a temperatura, esse comportamento permite baixar o nível de competição com outras espécies, já que *M. bicolor schencki* inicia suas atividades quando há poucas espécies ativas.

Michener (1974) afirma que temperaturas elevadas reduzem a atividade externa, induzindo o comportamento de ventilação da colônia, e que as temperaturas baixas diminuem o metabolismo e impedem o voo e outros movimentos.

Tietz & Mouga (2019) sugerem que o horário de saída das campeiras depende primariamente da temperatura externa da colônia, em função do fato de, de todos os fatores abióticos que afetam o movimento externo, a temperatura se mostrar o mais relevante na determinação do limiar da saída de campeiras (CAMPOS *et al.*, 2010).

***Melipona bicolor schencki* e o efeito estufa**

O aquecimento global vai influenciar a autoecologia das abelhas do sul do Brasil, possivelmente por propiciar estações inverniais menos rigorosas.

A correlação negativa observada para temperatura no presente trabalho sugere que a guaraiipo tem limitações em relação a calor intenso. Isso implica no fato de que, com o aumento da temperatura global (efeito estufa), essa abelha seria afetada. Assim, Saraiva *et al.* (2012) afirmam que essa abelha ocorrerá em 2080 na serra do mar, no estado de São Paulo, em áreas altas e interioranas da serra geral do estado do Paraná, no planalto central e nas serras de Santa Catarina.

Segundo Giannini *et al.* (2017), o aumento global da temperatura vai produzir impacto negativo na agricultura, pois afetará diretamente os polinizadores, o que implicará planejamentos estratégicos que envolvam a produção de alimentos.

O eventual deslocamento propositado de colônias de espécies afetadas pela mudança climática em direção a regiões menos quentes, visando propiciar sua continuidade, poderá provocar sobreposição de habitats e competição interespecífica com espécies de abelhas dos locais escolhidos para a translocação.

Com o conhecimento da influência dos parâmetros abióticos, torna-se possível o auxílio à meliponicultura envolvendo a espécie *M. bicolor schencki*, de forma a fazer com que meliponicultores

tenham ciência dos limiares do forrageio da espécie. Como a polinização por abelhas nativas é relevante na agricultura e na flora nativa, as observações obtidas no presente trabalho se revestem de interesse econômico.

AGRADECIMENTOS

À bolsa de estudo do artigo 171 da Constituição do Estado de Santa Catarina, concedida ao primeiro autor, e também a Antônio Carlos Xavier, as colônias para a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Agostini, K., Lopes, A. V. & Machado, I. C. S. Recursos florais. In: Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E. & Machado, I. C. Biologia da polinização. Rio de Janeiro: Projeto Cultural; 2014. p. 129-150.
- Baker, H. G. The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollinators. *The Quarterly Review of Biology*. 1961; 36(1): 64-73.
- Brand, H. Manutenção e multiplicação de abelhas nativas, algumas questões a ponderar. *Mensagem Doce*. 2017; 142.
- Bruijn, L. L. M. & Sommeijer, M. J. Colony foraging in different species of stingless bees (Apidae, Meliponinae) and the regulation of individual nectar foraging. *Insectes Sociaux*. 1997; 44: 35-47.
- Camargo, J. M. F. & Pedro, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. 2013 [Acesso em: 19 jan. 2021]. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>.
- Campos, F. S., Gois, G. C. & Carneiro, G. G. Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão. *Pubvet*. 2010; 4(24): 1-18.
- Carvalho-Zilse, G., Porto, E. L., Silva, C. G. N. & Pinto, M. F. C. Atividades de voo de operárias de *Melipona seminigra* (Hymenoptera: Apidae) em um sistema agroflorestal da Amazônia. *Biosciences Journal*. 2007; 23(1): 94-99.
- Cavalcanti, I. F. A., Ferreira, N. J., Silva, M. G. A. J. & Dias, M. A. F. S. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos; 2009. 464 p.
- Daan, S. Adaptive daily strategies in behavior. In: Aschoff, J. *Biological rhythms*. Boston: Springer; 1981. p. 275-298.
- Doorn, W. G. van & Meeteren, U. Flower opening and closure: a review. *Journal of Experimental Botany*. 2003; 54(389): 1801-1812.
doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erg213>
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional. Joinville. Caracterização regional. Santa Catarina: Epagri; 2003 [Acesso em: 29 out. 2017]. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/diagnostico/JOINVILLE.pdf.
- Ferreira Junior, N. T., Blochtein, B. & Moraes, J. F. Seasonal flight and resource collection patterns of colonies of the stingless bee *Melipona bicolor schencki* Gribodo (Apidae, Meliponini) in an Araucaria forest area in southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*. 2010; 54(4): 630-636.
- Fundação de Meio Ambiente (Fatma) & Planejamento e Informação Ambiental (IGNIS). Lista das espécies da fauna ameaçada de extinção em Santa Catarina. Relatório técnico final. Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável; 2010. 58 p.

- Giannini, T. C., Maia-Silva, C., Acosta, A. L., Jaffé, R., Carvalho, A. T., Martins, C. F., Zanella, F. C. V., Carvalho, C. A. L., Hrcir, M., Saraiva, A. M., Siqueira, J. O. & Imperatriz-Fonseca, V. L. Protecting a managed bee pollinator against climate change: strategies for an area with extreme climatic conditions and socioeconomic vulnerability. *Apidologie*. 2017; 48: 784-794.
- Heinrich, B. Mechanisms of body temperature regulation in honeybees, *Apis mellifera*. *Journal of Experimental Biology*. 1981; 85(1): 61-87.
- Heinrich, B. & Esch, H. Thermoregulation in bees. *American Scientist*. 1994; 82: 164-170.
- Hilário, S. D. Atividade de voo e termorregulação de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) [Tese de Doutorado]. São Paulo: USP; 2005.
- Hilário, S. D., Imperatriz-Fonseca, V. L. & Kleinert, A. de M. P Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Biologia*. 2000; 60(2): 299-306.
- Jones, J. C. & Oldroyd, B. P Nest thermoregulation in social insects. *Advances in Insect Physiology*. 2006; 33: 153-191.
- Kerr, W. E. Algumas comparações entre a abelha europeia (*Apis mellifera* L.) e as abelhas nativas brasileiras (Meliponini). *O Solo*. 1949; 39-47.
- Kleinert-Giovannini, A. & Imperatriz-Fonseca, V. L. Flight activity and responses to climatic conditions of two subspecies of *Melipona marginata* Lepeletier (Apidae, Meliponinae). *Journal of Apicultural Research*. 1986; 25: 3-8.
- Michener, C. D. The social behavior of the bees. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press; 1974. 404 p.
- Nogueira-Neto, P. Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Nogueirapis; 1997. 445 p.
- Oliveira, M. A. C. Algumas observações sobre a atividade externa de *Plebeia saqui* e *Plebeia droryana* [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Instituto de Biociências da USP; 1973.
- Peters, J. M., Queller, D. C., Imperatriz-Fonseca, V. L. & Strassmann, J. E. Microsatellite loci from the stingless bee, *Melipona bicolor*. *Molecular Ecology*. 1998; 7: 783-92.
- Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES) & Rede Brasileira de Interação Planta-Polinizador (REBIPP). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. São Carlos: Cubo; 2019. 184 p.
- Roubik, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge: Cambridge Tropical Biology Series; 1989. 514 p.
- Saraiva, A., Acosta, A. L., Giannini, T. G., Carvalho, C. A. L., Alves, R. M. O., Drummond, M. S., Blochtein, B., Witter, S., Isabel Alves-dos-Santos, I. & Imperatriz-Fonseca, V. L. Influência das alterações climáticas sobre a distribuição de algumas espécies de *Melipona* no Brasil. In: Imperatriz-Fonseca, V. L., Canhos, D. A. L., Alves, D. A. & Saraiva, A. M. Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: EDUSP; 2012. Cap. 18.
- Teixeira, L. V. & Campos, F. N. M. Início da atividade de voo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Zootecias*. 2005; 7(2): 195-202.
- Tenutti, E. Meliponicultura: contribuições para o resgate e manejo da abelha indígena *Melipona bicolor schencki* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) [Trabalho de Conclusão de Curso]. Laranjeiras do Sul: Universidade Federal da Fronteira Sul; 2015.
- Tietz, A. L. & Mougá, D. M. D. S. Fatores abióticos e atividade externa de *Melipona (Michmelia) mondury* Smith, 1863 (Hymenoptera, Apidae) em Santa Catarina. *Acta Biológica Catarinense*. 2019; 6(4): 119-147.
- Vieira, S. Introdução à bioestatística. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2015. 264 p.

Wilms, W., Imperatriz-Fonseca, V. L. & Engels, W. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced honeybee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic rainforest. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 1996; 31: 137-151.

Witter, S. & Blochtein, B. Espécies de abelhas sem ferrão de ocorrência no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Versátil Artes Gráficas; 2009. 63 p.

Ynoue, R. Y., Reboita, M. S., Ambrizzi, T. & Silva, G. A. M. Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos; 2017. 184 p.