



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

AMANDA APARECIDA DE CASTRO LIMÃO

A INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO NÉCTAR
COLETADO POR *Melipona subnitida* (APIDAE, MELIPONINI) NA CAATINGA.

MOSSORÓ – RN
2015

AMANDA APARECIDA DE CASTRO LIMÃO

A INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO NÉCTAR
COLETADO POR *Melipona subnitida* (APIDAE, MELIPONINI) NA CAATINGA.

Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientadora: Profa. Dra. Vera Lúcia Imperatriz
Fonseca

Coorientadora: Dra. Camila Maia da Silva.

MOSSORÓ-RN

2015

O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade de seus autores

Catálogo na Fonte

Catálogo de Publicação na Fonte. UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Limão, Amanda Aparecida de Castro.

A influência dos fatores bióticos e abióticos no néctar coletado por
Melipona subnitida Apidae, Meliponini na caatinga / Amanda Aparecida
de Castro Limão. - Mossoró, 2015.

60f: il.

1. Abelhas. 2. Fatores bióticos. 3. Fatores abióticos. 4. Região
semiárida. 5. Forrageamento de água. I. Título

RN/UFERSA/BOT/704

CDD 638.1 L732i

AMANDA APARECIDA DE CASTRO LIMÃO

A INFLUÊNCIA DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO NÉCTAR
COLETADO POR *Melipona subnitida* (APIDAE, MELIPONINI) NA CAATINGA.

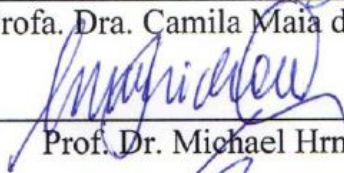
Dissertação apresentada a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em Ecologia e
Conservação.

DATA DA DEFESA: 15/04/2015

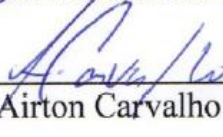
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Camila Maia da Silva (Presidente da banca)



Prof. Dr. Michael Hrnir (Examinador interno)



Prof. Dr. Airton Carvalho Torres (Examinador externo)

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Vera Lúcia Imperatriz Fonseca e a Dra. Camila Maia da Silva, pela acolhida, ensinamentos, orientação profissional e todas as oportunidades que me foram concedidas;

À minha família querida por toda fé, dedicação, apoio e amor;

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação pela oportunidade concedida;

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudo;

Ao CETAPIS/RN pelo espaço e facilidades para a realização desse estudo;

Ao Carlos Antonio Lira Felipe Neto pelo auxílio durante a execução desse estudo;

Ao pessoal do Laboratório de Ecologia Comportamental/UFERSA e demais amigos abelhudos pela amizade e companheirismo;

A todos os colegas do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação pelos conhecimentos compartilhados;

Muito obrigada!!

RESUMO

Fatores bióticos e abióticos estão constantemente influenciando na atividade forrageira das abelhas. Avaliar essa influência é uma forma de compreender a ecologia desses organismos dentro do seu ambiente. Ambientes imprevisíveis como a floresta tropical seca do semiárido brasileiro, Caatinga, representa um desafio para as abelhas, visto que, a combinação de períodos extensos com baixa disponibilidade de recursos e condições climáticas extremas, torna a sobrevivência das abelhas difícil. Nesse estudo, nós investigamos a atividade forrageira de néctar da abelha sem ferrão *Melipona subnitida*, dentro do seu habitat natural, Caatinga. Os experimentos foram realizados no município de Mossoró/RN, Brasil. Os dados encontrados mostram que as abelhas *M. subnitida* apresenta uma atividade forrageira anual ativa, apesar das mudanças comportamentais e que tais mudanças são influenciadas por fatores de temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e quantidade de recursos florais disponíveis. *M. subnitida* apresenta estratégias para sobreviver às condições ambientais dessa região, principalmente as climáticas. Além do néctar diluído coletado durante os períodos mais quentes e secos, registou-se pela primeira vez para essa espécie coleta de água.

Palavras-chave: Abelha sem ferrão, região semiárida, açúcar, forrageamento de água.

ABSTRACT

Biotic and abiotic factors are constantly influencing the foraging bees. Evaluate this influence is a manner to understand the ecology of these organisms within their environment. Unpredictable environments such as Brazilian tropical dry-forest, the Caatinga, represents a challenge for the bees, once the combination of extended periods with little funding and extreme weather conditions, makes the survival of bees difficult. In this study, we investigated the foraging nectar of stingless bee *Melipona subnitida* within their natural habitat, Caatinga. The experiments were conducted in the city of Mossoró/RN, Brazil. The findings show that bees *M. subnitida* has an active annual foraging despite behavioral changes and that these changes are influenced by factors temperature, relative humidity, rainfall and amount of available floral resources. *M. subnitida* presents strategies to survive the environmental conditions of the region, especially climate. In addition to the diluted nectar collected during hot and dry periods, there was the first time for this specie collection of water.

Key words: Stingless bees, semiarid region, sugar, water foraging.

SUMÁRIO

RESUMO	i.
ABSTRACT	ii.
 CAPÍTULO 1 - A influência dos fatores bióticos e abióticos no néctar coletado por <i>Melipona subnitida</i> (Apidae, Meliponini) na Caatinga.	9
INTRODUÇÃO	9
MATERIAIS E MÉTODOS	11
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXOS	34
 CAPÍTULO 2 - A coleta de água por colônias de <i>Melipona subnitida</i> (Apidae; Meliponini) no semiárido brasileiro.	40
INTRODUÇÃO	40
MATERIAIS E MÉTODOS	43
RESULTADOS	45
DISCUSSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

CAPÍTULO 1 - A influência dos fatores bióticos e abióticos no néctar coletado por *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) na Caatinga.

INTRODUÇÃO

Nas regiões neotropicais a maior abundância de grupo de insetos coletores de néctar são as abelhas sem ferrão, da tribo Meliponini (Michener, 2000). O néctar coletado nas flores, assim como o pólen, constitui uma importante fonte de alimento na dieta dessas abelhas. Uma vez que, os açúcares presentes no néctar compõem a principal fonte de carboidratos, fornecendo a energia necessária para a realização de todas as atividades coloniais (Roubik, 1989; Michener, 2000).

A disponibilidade de néctar nas flores apresenta variações temporais (Martínez del Rio e Eguiarte, 1987), tanto em quantidade (volume) como qualidade (açúcares) (Nicolson, 2007), o que ocasiona mudanças comportamentais no forrageamento dos visitantes (Pyke, 1981). Para garantir a sobrevivência, as abelhas conseguem responder rapidamente as mudanças na produção de néctar pelas plantas (Frankie e Haber, 1983), sejam essas diárias (Potts *et al.*, 2001) ou em períodos de floração anuais (Bosch *et al.*, 1997). Entretanto, essas respostas podem ser comprometidas em ambientes com períodos sazonais (Roubik, 1989), principalmente em ambientes considerados imprevisíveis, aonde a disponibilidade de recursos florais no ambiente ocorre de modo incerto, devido ser afetado pelas condições climáticas locais (Schneider e McNally, 1992a, b; Maia-Silva *et al.*, 2015).

Assim, em muitas colônias de abelhas sem ferrão fatores abióticos limitam a atividade forrageira (Kleineirt-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1986, Brujin *et al.*, 1991; Fidalgo e Kleinert, 2007) em conjunto a influência da fenologia de floração das plantas, determinando para as abelhas períodos da atividade forrageira de néctar (Biesmeijer *et al.*, 1999; Kajobe, 2007). Em ambientes imprevisíveis, como na

floresta tropical seca do semiárido brasileiro, Caatinga, esse fato pôde ser observado na coleta de pólen da abelha sem ferrão *Melipona subnitida*, que devido às altas temperaturas da região, restringe a sua coleta de pólen a curtos períodos do dia, além de desenvolver estratégias de sobrevivência para lidar com longos períodos de escassez de alimento (Maia-Silva *et al.*, 2015).

Na região semiárida brasileira, o clima caracterizado por apresentar temperaturas muito elevadas ao longo do ano e índice de chuvas irregulares (Souza *et al.*, 2009), além dos curtos períodos de floração na região (Martins, 1994), pode ser fatores que influenciam fortemente nas respostas comportamentais das espécies de abelhas que habitam essa região em suas atividades de coleta de recursos (Kleineirt-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1986, Roubik, 1989; Hilário *et al.*, 2000). Diferentemente de outras regiões onde as abelhas como grandes consumidoras de néctar estão sempre forrageando em busca de tentar maximizar as taxas de entrada de energia nas colônias (Biesmeijer *et al.*, 1999; Kajoje, 2007). Na Caatinga, a coleta de néctar pode ser realizada com estratégias compensatórias para garantir sobrevivência das abelhas (Silva *et al.*, 2015).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de forrageamento de néctar da abelha sem ferrão *Melipona subnitida* em área natural da Caatinga, quanto a sua atividade anual, analisando a influência que os fatores ambientais locais exercem nas abelhas sob a coleta desse recurso. De modo geral, investigamos a influência dos fatores climáticos e disponibilidade de recursos na atividade forrageira, concentração de açúcar, volume coletado e origem do néctar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de estudo e colônias de abelha

O presente estudo foi realizado no Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS), localizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), na comunidade Lagoinha, zona rural de Mossoró/RN, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 5°03'54.45"S, longitude 37°24'03.64" O e altitude de 79m.

O experimento foi conduzido dentro de uma área de 26 ha de mata nativa da Caatinga (Maia-Silva *et al.*, 2012) que se encontra neste referido local. Para as observações da atividade forrageira e coleta de amostras de néctar foram utilizadas quatro ninhos em caixas racionais da abelha sem ferrão *Melipona subnitida* Ducke, considerada uma abelha típica nativa do semi-árido nordestino (Zanella, 2000). As colônias foram transferidas para o local do experimento há pelo menos um ano antes do início do estudo. Todo o levantamento de dados ocorreu durante os meses de julho de 2013 á agosto de 2014, totalizando assim 14 meses de experimento.

Variáveis climáticas e plantas em floração

Durante o período de observações e coletas por meio de um termohigrômetro e da estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram registrados os fatores abióticos: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica mensal. Os horários do nascer do sol foram obtidos a partir do site www.suncalc.net. Mensalmente durante todo o período de estudo foi observado em uma área de aproximadamente 500m do entorno das colônias plantas em florescimento (Silva, 2009). Posteriormente esse material foi coletado, herborizado e identificado. As

exsicatas foram depositadas no Herbário Dárdano de Andrade Lima, da Universidade Federal Rural do Semi-árido.

Atividade forrageira de néctar

As observações foram realizadas mensalmente (um dia de observação por mês) entre 05:00 às 17:00h. Assim, era contabilizado e registrado o número de abelhas forrageiras que retornavam as colônias com cargas de néctar. Consideramos forrageiras de néctar apenas as abelhas que entram no ninho sem material visível e com abdômen distendido (Roubik, 1989).

Nos horários de maior atividade de voo das abelhas foram realizadas contagens por 5 minutos e com intervalos de 10 minutos (1 contagem a cada 15 minutos). Após uma primeira redução na intensidade forrageira (logo após as primeiras horas da manhã) foram realizadas contagens por 5 minutos e com intervalos de 25 minutos (1 contagem a cada 30 minutos). Logo mais a segunda redução na atividade forrageira (em geral nas horas finais da manhã) às contagens eram realizadas por 5 minutos e com intervalos de 60 minutos (1 contagem a cada hora).

Amostragem da carga de néctar

Um dia após as observações da atividade forrageira, foram coletadas abelhas forrageira de néctar entre 05:00 e 17:00h. As coletas eram realizadas a cada hora e durante dois dias seguidos. Para isso as entradas das colônias foram fechadas por no máximo 5 minutos e abelhas que retornavam com néctar eram coletadas com o auxílio de tubos plásticos. Para evitar uma redução na atividade forrageira foram coletadas no máximo três abelhas em cada horário por colônia.

Para a retirada da carga de néctar, as abelhas coletadas foram inicialmente adormecidas no gelo durante 5 minutos, apenas para serem manipuladas. Posteriormente, o néctar armazenado no papo da abelha foi coletado inserindo um tubo microcapilar milimetrado diretamente na base bucal destas abelhas, pressionando manualmente o seu abdômen, forçando-a a expulsar essa carga de néctar (Roubik e Buchmann, 1984; Biesmeijer *et al.*, 1999; Kajobe, 2007).

O volume da carga de néctar coletado foi quantificado em microlitros através do microcapilar milimetrado e a concentração de açúcar (sólidos totais dissolvidos) foi medida em um refratômetro portátil, corrigido para temperatura ambiente. Os valores do refratômetro foram apresentados em BRIX %, que é o peso dos sólidos totais dissolvidos por peso total da solução. Abelhas que transportavam cargas com menos de 5% de concentração de açúcar foram ignorados como forrageadoras de néctar, porque provavelmente o conteúdo dessas cargas é principalmente de água (Roubik e Buchmann, 1984).

Identificação da origem botânica do néctar

Para identificar as fontes de néctar coletado pelas abelhas, foram utilizadas as mesmas abelhas forrageiras de néctar capturadas por hora (05:00 às 17:00h) na entrada da colônia para a retirada do néctar. As abelhas durante suas visitas às flores para coleta do néctar inserem sua cabeça ou o corpo todo na flor, o que proporciona um contato com as anteras e consequentemente aderência do pólen no seu corpo (Pacini *et al.*, 2003). Desse modo, com o auxílio de um cubo de gelatina glicerinada montada em um bastão esterilizado, foi feita uma limpeza no corpo dessas abelhas, onde os grãos de pólen aderiam na gelatina. Posteriormente ainda

no campo essa gelatina glicerizada foi fundida e montada sobre uma lâmina com o pólen a fresco para exame microscópico.

A identificação das espécies de plantas utilizadas como fonte de néctar pelas abelhas foi feita comparando com o material polínico de referência das plantas da coleção polínica da UFERSA. As análises quantitativas foram feitas através da contagem de no máximo 400 grãos de pólen para amostras que continham muito material polínico e mínimo de 100 grãos para as amostras que continham grãos em menor quantidade por amostra. Em seguida foram determinadas as porcentagens de ocorrência dos grãos e quando uma amostra apresentava dois ou mais tipos polínicos foram considerado apenas o pólen dominante (Nagamitsu *et al.*, 1999)

Análise dos dados

Os parâmetros ambientais registrados foram temperatura mensal (máxima, mínima e média - °C), umidade relativa média do mês (%), precipitação mensal (mm), horário do nascer do sol (média mensal) e o número de espécies de plantas em floração. Os parâmetros coloniais investigados foram o número máximo de abelhas forrageiras, média mensal da concentração de açúcar do néctar (%), média mensal do volume do néctar coletado (µL) e do número total de espécies de plantas coletadas pelas abelhas forrageiras. Para calcular o valor médio mensal da concentração de açúcar e do volume do néctar, em termos de padronização foram consideradas somente as colônias que tiveram coletas mensais acima de 4 abelhas forrageiras.

Testes estatísticos: Para verificar a frequência de distribuição das abelhas forrageiras retornando com néctar para a colônia a uma dada temperatura ambiental

ao longo do período de estudo, foi utilizada uma análise de regressão não-linear (Modelo de Pico Gaussian) e a força da relação foi dada pelo valor do R^2_{ADJ} .

As possíveis variações entre as atividades das colônias durante todo o ano de estudo foram feitas utilizando Two-Way ANOVA (teste de Turkey para comparação de pares). Para essas análises foram considerados como possíveis fontes de variações: o mês de observação (Fator 1) e a identidade das colônias (Fator 2).

Para avaliar a potencial interação entre os fatores ambientais e as atividades da colônia, foi utilizado a Análise de Correlação Canônica, que investiga e quantifica a relação entre dois conjuntos de variáveis (Hotelling 1936). No nosso estudo as variáveis ambientais são: $T_{MÁX}$, temperatura máxima; $T_{MÍN}$, temperatura mínima; $UR_{MÉD}$, umidade relativa média, CHUVA, precipitação total; SOL, horário do nascimento do sol; P_{FLOR} , número de espécies de plantas em floração; e as variáveis da colônia são: $F_{MÁX}$, forrageamento máximo; $C_{MÉD}$, concentração de açúcar médio; $V_{MÉD}$, volume do néctar médio; P_{COL} , número de espécies de plantas coletadas.

Para todos os testes estatísticos foi considerado um nível de significância de $P \leq 0,05$. Os gráficos e análises estatísticas foram feitos respectivamente através dos programas SigmaPlot. 10.0 e SigmaStat 3.5 (Systat Softwares Inc., EUA).

RESULTADOS

Variáveis Ambientais

Ao longo dos 14 meses de estudo a umidade relativa do ar e a temperatura ambiental (média, mínima e máxima) sofreram variações. A temperatura mínima registrada foi de 17,8 °C (setembro/13) e a máxima foi 34,9°C (agosto/13). A menor umidade relativa média registrada foi 61,2% (agosto/14) e a maior foi 76,3% (maio/14). O maior índice de precipitação pluviométrica registrado foi de 68 mm no

mês de julho/13. Em alguns meses o índice pluviométrico foi bastante reduzido, assim como em alguns outros meses não ocorreu precipitação (agosto, setembro, outubro/13 e agosto/14). O horário do nascer do sol também apresentou variações, sendo o horário mais cedo nos meses considerados mais quentes e secos de todo o estudo (outubro e novembro), respectivamente às 05:06 e 05:05 (Figura 1: A – C; Tabela 1).

O número de plantas em floração também reduziu bastante durante os meses mais quentes e secos. Foram registradas no máximo 50 espécies de plantas (maio/14) e no mínimo 2 espécie (setembro, outubro e dezembro/13) (Figura D; Tabela 1). Nos meses mais úmidos ocorreu um maior número de espécies florando, principalmente herbáceas e arbustivas. Nos meses mais quentes e secos foram registradas principalmente espécies arbóreas em floração (Anexo 1).

Atividade forrageira de néctar

Para todos os parâmetros analisados em relação à atividade das colônias na coleta de néctar (forrageamento máximo, concentração média de açúcar do néctar, volume médio do néctar coletado e numero de espécies de plantas coletadas), variações significativas foram observadas somente entre os meses de estudo, não houve diferenças entre as colônias (Tabela 2). O número máximo de abelhas forrageiras foi maior no final da estação chuvosa (junho/14) quando comparado aos meses quentes e secos (agosto/13 a fevereiro/14) (Figura 2: A). A concentração média do açúcar do néctar coletado pelas abelhas foi maior em meses quentes e úmidos (julho/13 e abril a junho/14) quando comparado aos meses quentes e secos (agosto/13 a fevereiro/14) (Figura 2: C). Em relação ao volume do néctar quase todos os meses do estudo apresentaram variações semelhantes ao volume

coletado, os menores valores observados foram nos meses de fevereiro e julho/14 (Figura 2: D).

Observamos que a *Melipona subnitida* coletou néctar durante todo o ano de estudo (Figura 2: B). Ao total foram quantificados 14 tipos polínicos coletados pelas abelhas, sendo 8 identificados até o nível de gênero e/ou espécie (Anexo 2 e 3). O número de tipos polínicos coletados por colônia (P_{COL}) foi mais baixo nos meses em que as temperaturas estavam mais altas (outubro/13 a janeiro/14). Entre esse período o mês de novembro/13 foi o único em que as abelhas coletaram mais tipos polínicos, provavelmente devido ao início de floração de duas importantes espécies arbóreas (*Anadenanthera colubrina* e *Pityrocarpa moniliformis*).

Janela térmica do forrageamento de néctar

Analisando o número de forrageiras retornando às colônias a uma dada temperatura ambiental, observamos a escala de temperatura na qual o forrageamento de néctar ocorre. A janela térmica encontrada foi entre 24 a 32°C, com um pico de atividade forrageira aos 27°C (Modelo de Pico Gaussian) $R^2_{ADJ}=0,89$; $p<0,0001$; $N=4$ colônias; $n=690$ forrageiras de néctar) (Figura 3).

Interação entre os fatores ambientais e as atividades da colônia

De acordo com a análise da Correlação Canônica, foi encontrada uma influência entre algumas das variáveis ambientais e atividades da forrageira de néctar das colônias. A correlação indicou duas funções significativas que explicam (Função I, $Rc^2=0,89\%$; Função II, $Rc^2=0,52\%$) a variação encontrada nesse estudo (Tabela 3). Na Função I, a variação foi atribuída por uma combinação de fatores principalmente da temperatura máxima ($T_{MÁX}$), umidade relativa ($UR_{MÉD}$), número de

espécies de plantas em floração (P_{FLOR}), horário de nascer do sol (SOL) e precipitação (CHUVA) sob a variação na concentração média de açúcar (r_{S_2} , $C_{\text{MÉD}}= 75,4\%$) e no forrageamento máximo (r_{S_2} , $F_{\text{MÁX}}= 35,5\%$). Portanto, um aumento na temperatura máxima ($T_{\text{MÁX}}$), determina uma diminuição na $UR_{\text{MÉD}}$, P_{FLOR} , SOL , CHUVA e conseqüentemente em $C_{\text{MÉD}}$ e $F_{\text{MÁX}}$ (ver sinais diferentes em r_{S}).

Na Função II, a variação foi atribuída principalmente à temperatura máxima ($T_{\text{MÁX}}$) e temperatura mínima ($T_{\text{MÍN}}$) sob o P_{COL} , número de espécies de plantas coletadas (r_{S_2} , $P_{\text{COL}}= 21,9\%$). Aqui, um aumento na temperatura máxima ($T_{\text{MÁX}}$) e mínima ($T_{\text{MÍN}}$) ocasiona uma diminuição em P_{COL} (sinais diferentes de r_{S}).

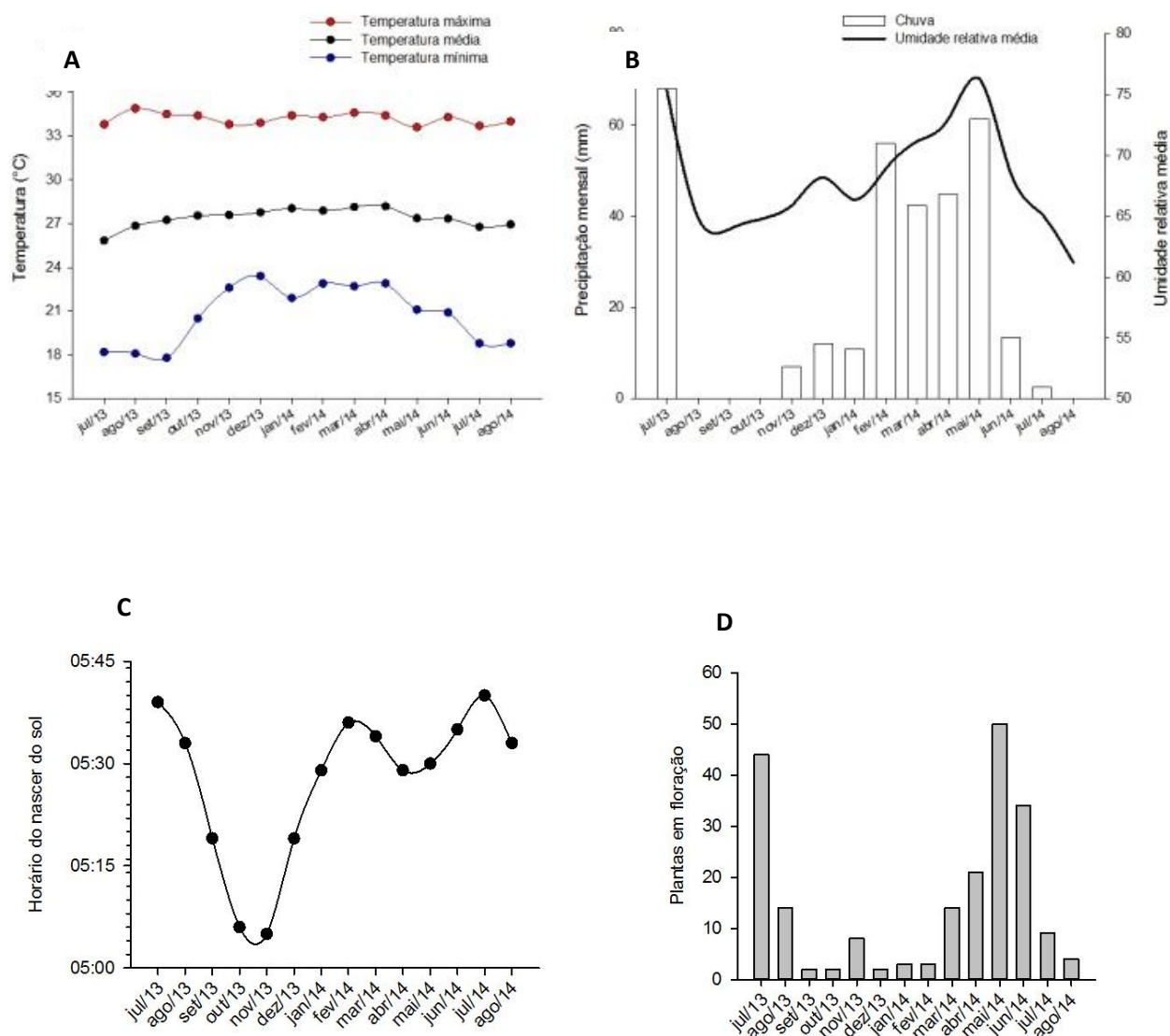


Figura 1: Diferenças mensais das variáveis ambientais durante o período de estudo (julho/2013 a agosto/2014: **A**) Temperatura máxima (círculos vermelhos); Temperatura média (círculos pretos); Temperatura mínima (círculos azuis). **B**) Umidade relativa do ar média mensal e precipitação mensal. **C**) Horários do nascer do sol (média mensal). **D**) Número de plantas em floração.

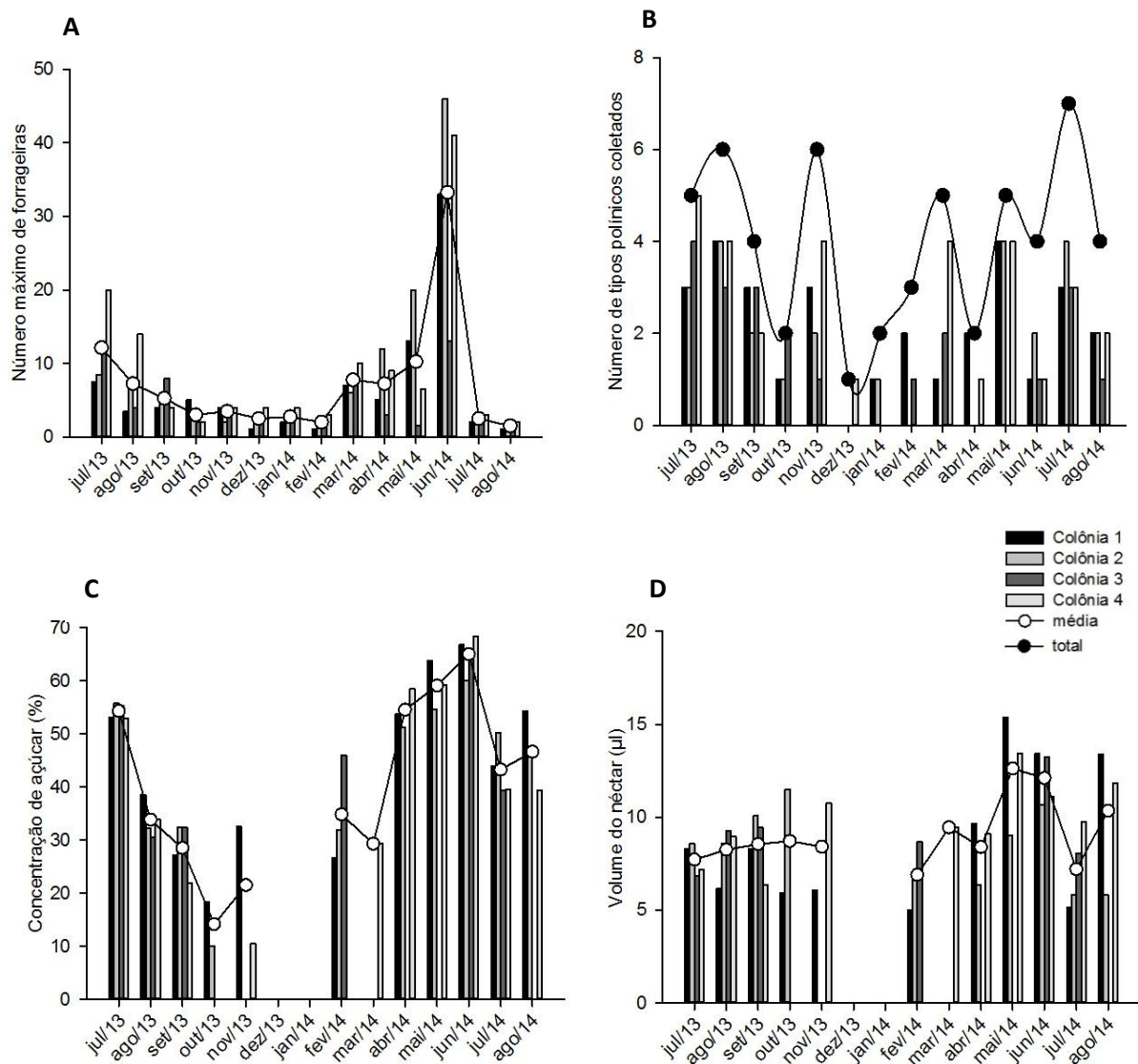


Figura 2: Variação da atividade das colônias de *Melipona subnitida* durante o período de estudo. **A** $F_{MÁX}$, número máximo de abelhas forrageiras; **B** P_{COL} , número de espécies de plantas coletadas. **C** Açúcar (%), concentração de açúcar; **D** Vol (µL), volume do néctar; Em alguns meses não foi possível levantar dados relacionados à concentração de açúcar e volume do néctar.

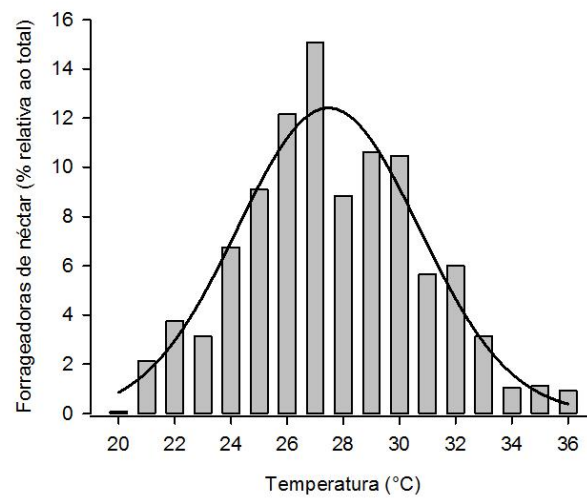


Figura 3: Janela térmica do forrageamento realizado por *Melipona subnitida*. As barras representam a frequência de distribuição de abelhas coletando néctar a dada temperatura ambiente (n=690). A linha sólida indica o respectivo Modelo Gaussiano de Pico ($R^2_{\text{ADJ}} = 0,89$, $P < 0,0001$).

Tabela 1. Variáveis ambientais durante o período de estudo (Variáveis ambientais - VA: T_{MED} , Temperatura média; $T_{MÁX}$, Temperatura máxima; T_{MIN} , Temperatura mínima; UR_{MED} , Umidade relativa do ar média; CHUVA, precipitação mensal; SOL, horário do nascimento do sol; P_{FLOR} , número de espécies de plantas em floração).

	Mês de Observação													
VA	07/13	08/13	09/13	10/13	11/13	12/13	01/14	02/14	03/14	04/14	05/14	06/14	07/14	08/14
T_{MAX} (°C)	33,8	34,9	34,5	34,4	33,8	33,9	34,4	34,3	34,6	34,4	33,6	34,3	33,7	34,0
T_{MIN} (°C)	18,2	18,1	17,8	20,5	22,6	23,4	21,9	22,9	22,7	22,9	21,1	20,9	18,8	18,8
T_{MED} (°C)	25,8	26,8	27,2	27,5	27,6	27,8	28,0	27,9	28,1	28,2	27,4	27,3	26,8	26,9
UR_{MED} (%)	75,3	64,9	63,9	64,8	65,9	68,2	66,4	68,9	71,2	73,0	76,3	68,5	65,2	61,2
CHUVA (mm)	68	0	0	0	7	12	10,8	56	42,4	44,8	61,4	13,4	2,6	0
SOL (Horas)	05:39	05:33	05:19	05:06	05:05	05:19	05:29	05:36	05:34	05:29	05:30	05:35	05:40	05:33
P_{FLOR}	44	14	2	2	8	2	3	3	14	21	50	34	9	4

Tabela 2. Variação na atividade da colônia de *Melipona subnitida* ao longo do ano de estudo. Os valores são dados em médias $\pm$ desvio padrão de quatro colônias estudadas. Diferença entre os meses foi avaliada usando Two-way Anova (fator 1: meses de observação; fator 2: colônias). Dados os valores de *F* das respectivas fontes de variação (mês e colônia). Diferentes letras indicam diferenças significativas (post hoc teste de Turkey, $P < 0,05$) entre os meses. Variáveis coloniais: $F_{MÁX}$, forrageamento máximo; $C_{MÉD}$, concentração de açúcar médio; $V_{MÉD}$, volume do néctar médio; P_{COL} , número de espécies de plantas coletadas. Em alguns meses não foi possível coletar dados devido à redução na atividade forrageira das colônias (s.d., sem dados). n.s. $P > 0,05$; * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

CV	Meses						
	07-13	08-13	09-13	10-13	11-13	12-13	01-14
$F_{MÁX}$	12,1 $\pm$ 5,7a	7,3 $\pm$ 4,8a	5,3 $\pm$ 1,9a	3,0 $\pm$ 1,4a	3,5 $\pm$ 1,0a	2,5 $\pm$ 1,3a	2,8 $\pm$ 1,0a
$C_{MÉD}$	54,6 $\pm$ 1,5abcd	36,5 $\pm$ 4,1cdefg	29,9 $\pm$ 5,0fghij	15,8 $\pm$ 5,8ij	21,8 $\pm$ 15,6ghi	s.d.	s.d.
$V_{MÉD}$	8,3 $\pm$ 1,1ab	8,1 $\pm$ 0,4ab	9,1 $\pm$ 1,6ab	8,6 $\pm$ 3,9ab	9,4 $\pm$ 3,3ab	s.d.	s.d.
P_{COL}	3,8 $\pm$ 1,0a	3,8 $\pm$ 0,5a	2,5 $\pm$ 0,6ab	1,3 $\pm$ 0,6ab	2,5 $\pm$ 1,3ab	1,0 $\pm$ 0,0b	1,0 $\pm$ 0,0ab

CV	Two-way ANOVA (F)	
	Meses	Colônias
$F_{MÁX}$	11,4***	2,3 n.s.
$C_{MÉD}$	20,3***	1,3 n.s.
$V_{MÉD}$	2,4***	1,0 n.s.
P_{COL}	5,8***	0,5 n.s.

CV	Meses						
	02-14	03-14	04-14	05-14	06-14	07-14	08-14
$F_{MÁX}$	2,0 $\pm$ 0,8a	7,8 $\pm$ 1,7a	7,3 $\pm$ 4,0a	10,3 $\pm$ 8,0a	33,3 $\pm$ 14,5b	2,5 $\pm$ 0,6a	1,5 $\pm$ 0,6a
$V_{MÉD}$	34,8 $\pm$ 10cdefgh	29,3 $\pm$ 0,0cdefghi	53,1 $\pm$ 3,7abc	58,8 $\pm$ 4,6ab	66,8 $\pm$ 3,6a	45,3 $\pm$ 5,1bcdef	46,2 $\pm$ 7,5bcd
$V_{MÉD}$	7,0 $\pm$ 1,8b	9,5 $\pm$ 0,0ab	8,3 $\pm$ 1,8ab	11,8 $\pm$ 2,9ab	12,3 $\pm$ 1,4ab	6,9 $\pm$ 4,2a	10,3 $\pm$ 4,0ab
P_{COL}	1,5 $\pm$ 0,7ab	2,3 $\pm$ 1,5ab	1,5 $\pm$ 0,7ab	4,0 $\pm$ 0,0a	1,3 $\pm$ 0,5ab	3,3 $\pm$ 0,5ab	1,8 $\pm$ 0,5ab

Tabela 3. Análise de Correlação Canônica para estimar a relação entre as condições ambientais e a atividade da colônia de *Melipona subnitida*. Coeficiente canônico (SSC), coeficiente estrutural (r_s) e coeficiente estrutural ao quadrado (r_s^2) de cada variável das funções analisadas. A Correlação canônica (CC) de cada função: coeficiente de correlação canônico (Rc), coeficiente de correlação canônico ao quadrado (Rc^2), valor de correlação de P (P). Variáveis ambientais: $T_{MÁX}$, temperatura máxima; $T_{MÍN}$, temperatura mínima; $UR_{MÉD}$, umidade relativa média; SOL, horário do nascimento do sol; CHUVA, precipitação total; P_{FLOR} , número de espécies de plantas em floração; Variáveis da colônia: $F_{MÁX}$, forrageamento máximo; $C_{MÉD}$, concentração de açúcar médio; $V_{MÉD}$, volume do néctar médio; P_{COL} , número de espécies de plantas coletadas.

		Função I			Função II		
	Variáveis	SSC	r_s	r_s^2 (%)	SSC	r_s	r_s^2 (%)
Ambientais	$T_{MÁX}$	-0,13	-0,64	41,5	-0,17	-0,61	37,0
	$T_{MÍN}$	0,07	-0,06	0,4	-1,26	-0,58	33,5
	$UR_{MÉD}$	-0,04	0,81	65,6	1,41	0,07	0,5
	P_{FLOR}	0,94	0,96	91,9	-1,32	-0,01	0,0
	SOL	0,30	0,59	34,8	-0,59	0,02	0,1
	CHUVA	-0,17	0,70	48,8	0,40	0,17	2,8
Coloniais	$F_{MÁX}$	0,04	0,60	35,5	-0,59	-0,30	9,2
	$C_{MÉD}$	0,67	0,87	75,4	-0,31	-0,34	11,5
	$V_{MÉD}$	0,22	0,49	23,7	-0,10	-0,42	18,0
	P_{COL}	0,33	0,39	15,1	0,26	0,47	21,9
		Rc	Rc^2 (%)	P	Rc	Rc^2 (%)	P
CC		0,94	0,89	<0,001	0,87	0,76	<0,001

DISCUSSÃO

Os dados encontrados no presente estudo indicam que mesmo em ambientes imprevisíveis como a floresta tropical seca do semiárido brasileiro, Caatinga, as abelhas *Melipona subnitida* apresenta atividade forrageira de néctar ativa, diferindo entre períodos. Durante um ano a *M. subnitida* apresentou mudanças comportamentais e tais mudanças indicam possíveis respostas que são influenciadas por uma combinação de fatores que inclui não apenas os abióticos, mas também a quantidade de recursos florais disponíveis no ambiente. Desse modo, essas abelhas desenvolvem estratégias adaptativas para sobreviver às condições ambientais dessa região (Maia-Silva *et al.*, 2015).

Nossos resultados mostraram que durante os meses mais quentes e secos, e conseqüentemente com menor disponibilidade de recursos, a *M. subnitida* coletou néctar com uma menor concentração de açúcar. Por outro lado, nos meses mais úmidos aonde há uma ocorrência de temperaturas um pouco mais amenas e uma maior disponibilidade de recurso floral no ambiente, a *M. subnitida* apresentou uma tendência oposta, coletando néctar com taxas de concentrações de açúcar mais elevadas, provavelmente por serem soluções mais rentáveis para o armazenamento de energia das colônias.

A concentração de açúcar do néctar é altamente influenciada por fatores ambientais, em especial da temperatura e umidade relativa do ar (Roubik e Buchmann, 1984; Chalcoff *et al.*, 2006). Em regiões com altas temperaturas, as plantas são caracterizadas por apresentar néctar com concentrações muito altas de açúcar (Petanidou e Smets, 1995). Nas regiões de clima árido, durante a estação seca onde as plantas enfrentam severos e extensos períodos de stress

hídrico, embora a secreção de néctar seja afetada, a concentração de açúcar permanece inalterada (Villarreal & Freeman, 1990).

Abelhas em florestas tropicais coletam néctar preferencialmente nos períodos de maior radiação solar do dia, visto que o aumento da temperatura ambiental acaba por incidir mais na evaporação do néctar, tornando-o conseqüentemente muito mais concentrado nas flores e com maior teor de açúcar (Roubik e Buchmann, 1984; Biesmeijer *et al.*, 1999). No entanto, em ambientes com secas sazonais, temperaturas acima de 31°C, estimulam as abelhas a forragear por néctar mais diluído, provavelmente em função de reduzir a temperatura das colônias em processos de resfriamento evaporativo (Roberts & Harrison, 1999; Silva *et al.*, 2015).

Em relação ao volume do néctar, o déficit de água em áreas extremas ocasiona mudanças no volume secretado pelas plantas, o que pode afetar nas cargas de néctar coletada pelos visitantes (Petanidou, 1999). Aqui, observamos que a variação nas cargas de néctar coletada pelas abelhas *M. subnitida* ao longo de todo o ano de estudo foi moderada. Para algumas espécies de abelhas sem ferrão já estudadas, a determinação do volume do néctar coletado aparenta ser específica para cada espécie a partir da relação entre sua carga proventricular e o teor de açúcar. Dessa forma, algumas espécies coletam o mesmo volume durante todas as suas viagens de forrageamento, seja diluído ou concentrado. Sendo que outras alteram o volume do néctar de acordo com a variação na concentração de açúcar (Roubik e Buchmann, 1984).

No forrageamento, vimos que a intensa atividade das abelhas coletando néctar ocorreu principalmente nos meses com maior número de espécies de plantas em floração, maior umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. Na Caatinga, a atividade forrageira das abelhas decai consideravelmente a uma

diminuição na existência de plantas floradas, o que coincide com o período da estação seca na região (Martins, 1994). Já na estação chuvosa o aumento no forrageamento é ocasionado pela alta diversidade de espécies floríferas no ambiente, o que permitiu uma seleção de diferentes recursos pelas abelhas (Lorezon, 2003). Nesse estudo foi observado que nos meses com muitas plantas em floração as abelhas buscaram néctar em apenas algumas fontes disponíveis. Enquanto que em meses com poucas espécies de plantas floradas houve uma redução na coleta por fontes de néctar. E em determinados meses, as abelhas variou as suas fontes mesmo com poucas plantas em floração. Para as abelhas, muitas vezes uma única fonte de néctar pode fornecer todo o valor nutricional necessário para sua dieta. Entretanto, quando esse valor não se aproxima do ideal, mais viagens adicionais são realizadas a outras espécies de plantas (Willmer e Stone, 1988).

Dentre as espécies florais de néctar visitadas pelas abelhas forrageiras *M. subnitida* durante todo o nosso estudo, a espécie *Mimosa tenuiflora* foi a fonte mais frequente e mais visitada pelas abelhas forrageiras. Essa espécie esteve presente em quase todos os meses de coleta da *M. subnitida*, sendo bastante atrativa para as abelhas pelo fato de apresentar floração em massa e florescer durante um longo período do ano, inclusive durante o período de transição entre a estação seca e a estação chuvosa. Outras espécies florais que também foram destacadas como fundamentais em garantir néctar para as abelhas e exibir floração em massa foram: *Mimosa* spp. (*M. arenosa* e *M. caesalpinifolia*), *Pityrocarpa moniliformis* e *Eucalyptus* sp. (Ramalho, 1990; Carvalho et al., 2001; Maia-Silva et al., 2012).

Quanto aos limites do forrageamento, a *M. subnitida* consegue coletar os recursos necessários para as atividades da sua colônia mesmo sob determinadas limitações térmicas do seu hábitat (Maia-Silva *et al.*, 2015). Verificamos neste trabalho que a coleta de néctar ocorreu com maior intensidade na faixa de temperatura ambiental entre 24 e 32°C. Logo, podemos observar que a atividade forrageira da *M. subnitida* é ajustada dentro de uma faixa com temperaturas elevadas, supostamente indicando que essa é uma adaptação da espécie ao seu ambiente natural, já que na caatinga as temperaturas são bastante elevadas (Ferreira, 2014).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIESMEIJER, J. C.; SMEETS, M. J. A. P.; RICHTER, J. A. P.; SOMMEIJER, M. J. Nectar foraging by stingless bees in Costa Rica: botanical and climatological influences on sugar concentration of nectar collected by *Melipona*, **Apidologie**, v. 30, p. 43–55, 1999.

BOSCH, J.; RETANA, J.; CERDA, X. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. **Oecologia**, v. 109, p. 583–591, 1997.

BRUIJIN DE, L. L. M. ; HERK, M. J. V.; SOMMEIJER, M. J. Some observations on flight activity and foraging of workers of the stingless bees *Melipona favosa* (Apidae, Meliponinae) in a large green house. **Acta Horticulturae**, v. 282, p. 116-120, 1991.

CARVALHO, C. A. L.; MORETI, A. C and C. C.; MARCHINI, L. C.; ALVES, R. M.; OLIVEIRA, P. C. F. Pollen spectrum of honey of “Uruçu” bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 1, p. 63-67, 2001.

CHALCOFF, V. R.; AIZEN, M. A.; GALETTO, L. Nectar concentration and composition of 26 species from the temperate forest of South America. **Annals of Botany**, v. 97, p. 413–421, 2006.

FERREIRA, Noeide da Silva. **Temperatura colonial e tolerância térmica de *Melipona subnitida*, uma espécie de abelha sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), da caatinga**. 2014. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró/RN, 2014.

FIDALGO, A. O.; KLEINERT, A. M. P. Foraging behavior of *Melipona rufiventris* Lepelletier (Apinae; Meliponini) in Ubatuba, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 137-144, 2007.

FRANKIE, G. W.; HABER, W. A. Why bees move among mass flowering neotropical trees. In: JONES, C. E.; LITTLE, R. J. (Eds), **Handbook of Experimental Pollination Biology**. Van Nostrand Reinhold Company, p. 360–372, 1983.

HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA V. L.; KLEINERT A. M. P. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). **Revista Nordestina de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 299-306, 2000.

HOTELLING, H. Relations between two sets of variables. **Biometrika**, v. 28, p. 321-377, 1936.

KAJOBE, R. Botanical sources and sugar concentration of the nectar collected by two stingless bee species in a tropical African rain forest. **Apidologie**, v. 38, p. 110–121, 2007.

KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Flight activity and climatic conditions: responses by two subspecies of *Melipona marginata* Lepeletier (Apidae, Meliponinae). **Journal of Apicultural Research**, v. 25, p. 3-8, 1986.

LORENZON, M. C. A.; MATRANGOLO, C. A.; SCHOEREDER, J. H. A flora visitada pelas abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) na Serra da Capivara, em caatinga do Sul do Piauí. **Neotropical Entomology**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 27-36, 2003.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga**. 1. ed. Fortaleza/CE : Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.

MAIA-SILVA, C; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, Advance online publication. DOI: 10.1007 / s13592-015-0354-11–13, p. 1-13, 2015.

MARTÍNEZ DEL RIO, C.; EGUIARTE, E. The effect of nectar availability on the foraging behavior of the stingless bee *Trigona testacea*. **Southwestern Naturalist**, v. 32, n.3, p. 313-319, 1987.

MARTINS, C.F. Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) da caatinga e do cerrado com elementos de campo rupestre do estado da Bahia, Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 9, n. 2, p. 225-257, 1994.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2000.

NAGAMITSU, T. *et al.* Preference in flower visits and partitioning in pollen diets of stingless bees in an Asian tropical rain forest. **Researches on population ecology**, v. 41, p. 195–202, 1999.

NICOLSON, S.W. Nectar consumers. In: NICOLSON, S. W.; NEPI, M.; PACINI, E. (Eds.), **Nectaries and Nectar**. Springer, Dordrecht, p. 289–342, 2007.

PACINI, E.; NEPI, M.; VESPRINI, J.L. Nectar biodiversity: a short review. **Plant Systematics and Evolution**, v. 238, p.7–21, 2003.

PETANIDOU, T.; SMETS, E. The potential of marginal lands for bees and apiculture: nectar secretion in Mediterranean shrublands. **Apidologie**, v. 26, p. 39–52, 1995.

PETANIDOU, T. Long-term intraspecific variations in nectar secretion in the *Phrygana*: for ecological management. In: LEKKAS, T. D. (Ed.), **Proceedings of the 6th International Conference of Environmental Science and Technology**. Athens. v. A, p. 480–489, 1999.

POTTS, S. G.; DAFNI, A.; NE'EMAN, G. Pollination of a core flowering shrub species in Mediterranean *Phrygana*: variation in pollinator diversity, abundance and effectiveness in response to fire. **Oikos**, v. 92, p. 71–80, 2001.

PYKE, G. H. Optimal foraging in nectar-feeding animals and coevolution with their plants., in KAMIL, A. C.; SARGENT, T. D. (Eds.), **Foraging behavior: ecological, etnological and psychological approaches**. Garland SIPM Press, p.19-38, 1981.

RAMALHO, M. Foraging by stingless bees of the genus *Scaptotrigona* (Apidae, Meliponinae). **Journal of Apicultural Research**, v. 29, p. 61-67, 1990.

ROUBIK, D. W.; BUCHMANN, S. L. Nectar selection by *Melipona* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and the ecology of nectar intake by bee colonies in a tropical forest, **Oecologia**, v. 61, p. 1–10. 1984.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University. Press, Cambridge, Massachusetts, p. 248, 1989.

ROBERTS, S. P.; HARRISON, J. F. Mechanisms of thermal stability during flight in the honeybee *Apis mellifera*. **Journal of Experimental Biology**, v. 202, p. 1523–1533, 1999.

SCHNEIDER, S.S.; MCNALLY, L. C. Seasonal patterns of foraging activity in colonies of the African honey bee *Apis mellifera scutellata* in Africa. *Insectes Sociaux*, v. 39, p. 181–193, 1992a.

SCHNEIDER, S.S.; MCNALLY, L. C. Factors influencing seasonal absconding in colonies of the African honey bee *Apis mellifera scutellata*. *Insectes Sociaux*, v. 39, p. 403– 423, 1992b.

SILVA, A. G. M.; MAIA-SILVA, C.; SÁ-FILHO, G. F.; PEREIRA, J. S.; MOURA, V. S.; HRNCIR, Michael. Trade-off in nectar collection between concentrated and diluted nectar by stingless bees in the brazilian tropical dry-forest. **XI Encontro sobre Abelhas**, Ribeirão Preto/SP, 2015.

SOUZA, B. A.; CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O.; DIAS, C. S.; CLARTON, L. **Munduri (*Melipona asilvai*): a abelha sestrosa**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. 46 p. (Série Meliponicultura, 7).

VILLARREAL, A. G.; FREEMAN, C. E. Effects of temperature and water stress on some floral nectar characteristics in *Ipomopsis longiflora* (Polemoniaceae) under controlled conditions. **Botanical Gazette**, v. 151, p. 5–9, 1990.

WILLMER, P. G.; CORBET, S. A. Temporal and microclimatic partitioning of the floral resources of *Justicia aurea* amongst a concourse of pollen vectors and nectar robbers. **Oecologia**, v. 51, n.1, p. 67-79, 1981.

WILLMER, P. G.; STONE, G. N. Pollination of lowland coffee (*Coffea canephora*): Costs and benefits of leaf cutter bees in Papua New Guinea. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 50, p. 113–124, 1988.

ZANELLA, F. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a species list and comparative notes regarding their distribution. **Apidologie**, v. 31, p. 579-592, 2000.

ANEXOS

Anexo 1. Fenologia das espécies de plantas amostradas na área de estudo durante as observações. Hábito (forma de vida): ar=arbusto; he=herbáceo; av=arbóreo, tr=trepadeira. Recurso (recurso disponibilizado): N=néctar; P=pólen.

[illegible]

	<i>Poincianella bracteosa</i>	av	P/N														
Fabaceae - Mimosoideae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	av	P/N														
	<i>Pityrocarpa moniliformes</i>	av	P/N														
	<i>Mimosa arenosa</i>	av	P/N														
	<i>Senegalia polyphylla</i>	av	P/N														
	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	av	P/N														
	<i>Mimosa quadrivalvis</i>	he	P/N														
	<i>Mimosa modesta</i>	he	P/N														
	<i>Mimoma tenuiflora</i>	av	P/N														
Fabaceae - Papilionoideae	<i>Chaetocalyx scandens</i>	tr	N														
	<i>Centrosema brasilianum</i>	tr	N														
	<i>Stylosanthes viscosa</i>	he	N														
	<i>Canavalia brasiliensis</i>	tr	N														
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i>	ar	N														
	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	he	N														
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>	ar	P/N														
	<i>Sida galheirensis</i>	ar	P/N														
	<i>Waltheria americana</i>	ar	P/N														
	<i>Pavonia cancellata</i>	he	P/N														
	<i>Pseudobombax marginatum</i>	av	P/N														
	<i>Waltheria bracteosa</i>	ar	N														
	<i>Herissantia tiubae</i>	ar	P/N														
	<i>Triumfetta rhomboidea</i>	ar	P/N														
Myrtaceae	<i>Eugenia sp</i>	av	P/N														
	<i>Eucalyptus sp</i>	av	P/N														
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia difusa</i>	he	N														
Oxalideae	<i>Oxalis glaucescens</i>	he	P/N														
	<i>Oxalis divaricata</i>	he	P/N														

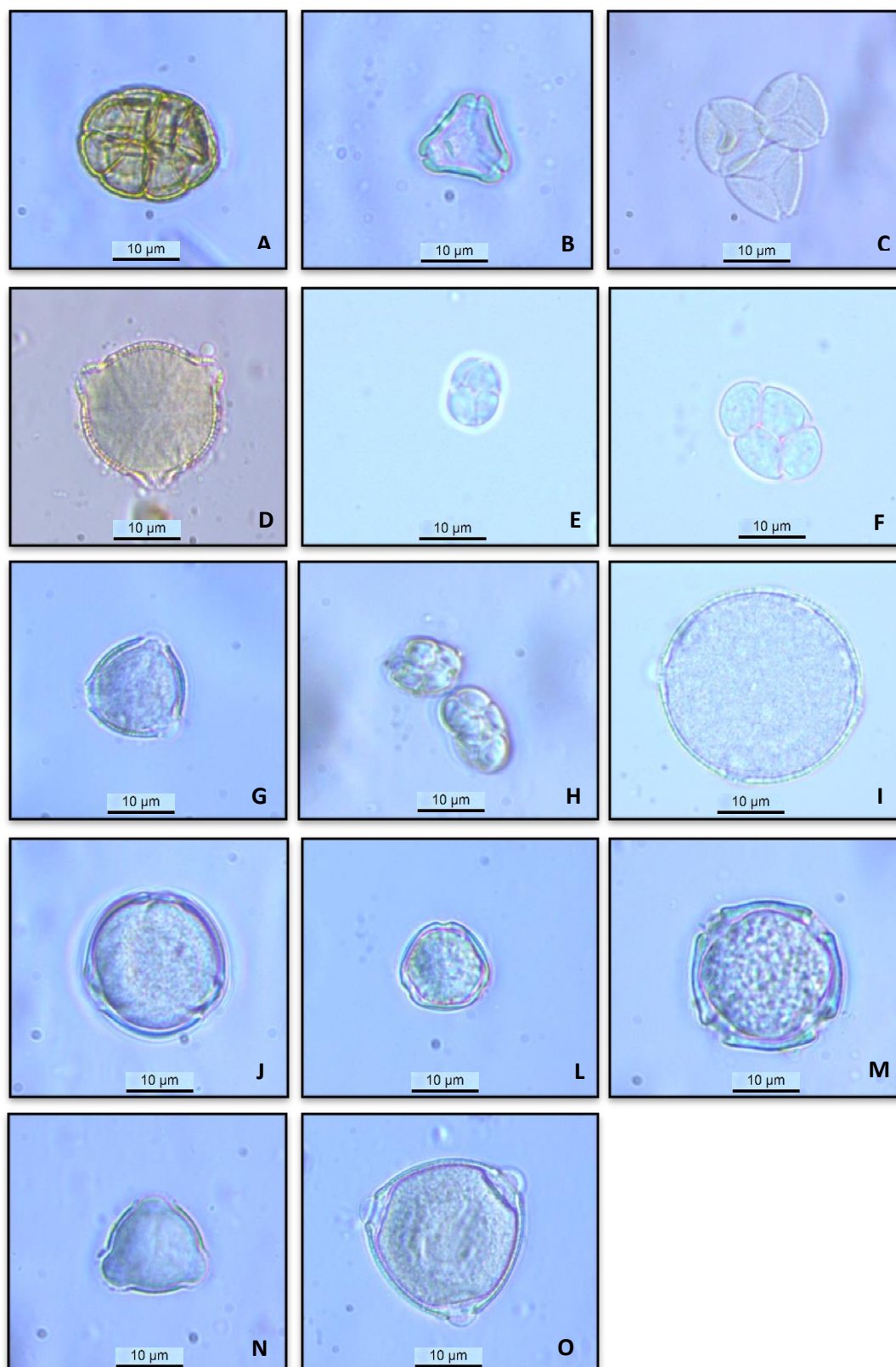
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i>	he	P/N														
Polygalaceae	<i>Polygala violacea</i>	he	P/N														
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	he	P/N														
	<i>Talinum triangulare</i>	he	P/N														
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i>	ar	P/N														
Rubiaceae	<i>Borreia verticillata</i>	he	N														
	<i>Richardia grandiflora</i>	he	P/N														
	<i>Diodella teres</i>	he	P/N														
Sapindeaceae	<i>Cardiospermum corindum</i>	tr	P/N														
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i>	he	P/N														
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	ar	N														

Anexo 2: Tipos polínicos de néctar presentes no corpo das forrageiras de *M. subnitida*, coletados durante 14 meses (julho/2013 a agosto/2014). O n indica o número de abelhas coletando por espécie em casa mês.

	Meses														
	2013							2014							
Tipos Polínicos	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	Total
<i>Anadenanthera colubrina</i>					n=1		n=1								2
<i>Eucalyptus sp</i>		n=5	n=1	n=1	n=6								n=1	n=1	15
<i>Eugenia sp</i> (cf.)	n=1														1
<i>Libidbia ferrea</i>									n=1						1
<i>Mimosa spp*</i>	n=10	n=3			n=3				n=2	n=3	n=5	n=2	n=1		29
<i>Mimosa tenuiflora</i>	n=19	n=14	n=22	n=11	n=7		n=1	n=1	n=1		n=2	n=3	n=12	n=8	101
<i>Myracroduron urundeuva</i>													n=6	n=2	8
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>					n=1	n=1		n=1	n=4	n=2	n=7				16
Tipo 1	n=15	n=15	n=3						n=1		n=1	n=2	n=1		38
Tipo 2	n=2	n=1	n=3										n=1		7
Tipo 3		n=1										n=1			2
Tipo 4					n=1										1
Tipo 5								n=1			n=6		n=1		8
Tipo 6														n=1	1

*Dada a grande similaridade entre os pólenes das espécies *Mimosa arenosa* e *Mimosa caesalpiniiifolia* e, devido ocorrência na mesma área e períodos de floração simultaneamente, era impossível separar estas duas amostras. Portanto, *Mimosa spp.* é a referência dada para essas duas espécies.

Anexo 3: Principais grãos de pólen observados no corpo das abelhas forrageiras de néctar da *Melipona subnitida*. **A)** *Anadenanthera colubrina* **B)** *Eucalyptus* sp **C)** *Eugenia* sp (cf.) **D)** *Libidbia ferrea* **E)** *Mimosa* spp **F)** *Mimosa tenuiflora* **G)** *Myracroduron urundeuva* **H)** *Pityrocarpa moniliformis* **I)** Tipo 1 **J)** Tipo 2 **L)** Tipo 3 **M)** Tipo 4 **N)** Tipo 5 **O)** Tipo 6.



CAPÍTULO 2 - A coleta de água por colônias de *Melipona subnitida* (Apidae; Meliponini) no semiárido brasileiro.

INTRODUÇÃO

Nos principais grupos de insetos sociais, o controle da temperatura dentro do ninho varia de maneira gradativa para as espécies, sendo considerado de nenhum, pouco ou até espécies com controle altamente bem elaborado (Heinrich, 1993). Os tipos de mecanismos de controle que evoluíram na maioria desses insetos sociais vão desde a escolha do local do ninho, estruturas que permitem o aquecimento ou resfriamento passivo, translocação da ninhada, ventilação da asa e o resfriamento evaporativo (Jones e Oldroyd, 2007).

Entre todos esses grupos, as abelhas se destacam por apresentar a maior diversidade de mecanismos para regulação da temperatura (Heinrich, 1993). Em algumas espécies de abelhas, o controle preciso da temperatura dentro do ninho se tornou possível principalmente devido à evolução de sua sociedade (Seeley, 2006). Dentre as abelhas eussociais, a maioria dos estudos sobre o comportamento de termorregulação vem de dados com *Bombus* e *Apis mellifera*, pois tais abelhas conseguem acondicionar uma temperatura ideal para os seus ninhos (Heinrich, 1993). Contudo, devido a sua maior habilidade em manter um microclima ameno dentro dos ninhos através do controle de perda e produção de calor, a *A. mellifera* tornou-se atualmente o principal modelo biológico para estudos de termorregulação (Seeley, 2006; Vollet-Neto, 2011).

Entretanto, nas abelhas sem ferrão embora várias características de sua biologia sugerir um controle de modo efetivo da temperatura dentro dos ninhos (Heinrich, 1993), quando comparada a outros tipos de abelhas (tribo Apini e

Bombini), ainda pouco se sabem sobre a sua capacidade de termorregular (Vollet-Neto, 2011). Durante muito tempo considerou-se que o fato dos meliponíneos possuírem distribuição em regiões tropicais do mundo (Michener, 1974), características biogeográficas refletiriam na incapacidade de pelo menos algumas abelhas desenvolverem melhorias no controle de termorregulação colonial (Engels, 1995). Porém, uma combinação de mecanismos passivos (locais de nidificação, arquiteturas dos ninhos e materiais de construção) e ativos (ventilação) já é observada como habilidades necessárias para regulação da temperatura na colônia em muitas das suas espécies (Zucchi e Sakagami, 1972; Roubik e Peralta, 1983; Moritz e Crewe, 1988; Roubik, 1989; Engels *et al.*, 1995; Nogueira-Neto, 1997; Roubik, 2006).

Diferentemente das abelhas *A. mellifera* e assim como *Bombus*, mecanismo ativo como o resfriamento evaporativo nunca foram antes observados para as abelhas sem ferrão, apesar de observações diretas da coleta de água sendo realizado por meliponíneos (Heinrich, 1993; Nogueira-Neto, 1997; Roubik, 2006; Jones e Oldroyd, 2007). Nas abelhas *A. mellifera*, além da finalidade da coleta de água para o controle da temperatura do ninho por meio do arrefecimento, a água é recolhida para manter a umidade do ninho para o desenvolvimento larval, diluição do mel armazenado e secreções glandulares para alimentação da ninhada (Park, 1946). Macias-Macias *et al.* (2011), sob condições laboratoriais, verificou que a *Melipona colimana* apresenta o comportamento de coletar água e regurgitar na colônia quando as temperaturas ambientais estão bastante elevadas. Em ambiente natural, Vollet-Neto *et al.*, (2014) também observou que a *Scaptotrigona depilis* realiza a coleta de água em respostas as altas temperaturas do ambiente. Ambos os autores sugeriram que esse comportamento pode ser uma evidência que a coleta de

água atua principalmente como um mecanismo para o resfriamento evaporativo da colônia em abelhas sem ferrão.

Em ambientes com temperaturas muito elevadas, como a região do semiárido brasileiro (Prado, 2003), espécies de abelhas que habitam esses locais podem desenvolver estratégias para garantir a sua sobrevivência (Maia-Silva, 2015). Ferreira (2014) por meio de condições artificiais em laboratório observou que *Melipona subnitida*, espécie de meliponíneo típico da Caatinga, coletava água quando a temperatura ambiental atingia níveis muito altos. Já em meses quentes e secos, em uma área urbana e natural da Caatinga foi constatado que a *M. subnitida* recolhia néctar para colônia com concentrações muito baixas de açúcar durante esse período (Silva *et al.*, 2015; Limão *et al.*, artigo em prep.; Capítulo 1). Muitas vezes a água é coletada por algumas abelhas através do forrageamento de néctar (Lindauer, 1954; Wilmer, 1986). No entanto, nenhuma observação tinha sido realizada com essa espécie em relação suas possíveis coletas de água em condições naturais do seu habitat.

Partindo desse pressuposto, o objetivo do presente estudo foi investigar se colônias de abelhas sem ferrão da espécie *Melipona subnitida* em áreas naturais da região semiárida brasileira, realizam coleta de água, se fatores ambientais podem estar influenciando nesse comportamento e se tais coletas poderia ser um possível mecanismo de resfriamento desenvolvido para evitar um superaquecimento devido às condições da região. Especificamente foram observadas a atividade forrageira de água, o volume de água coletado e fatores ambientes como: temperatura, umidade e precipitação pluviométrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de estudo e espécie estudada

O estudo foi realizado de julho/2013 a agosto/2014 em uma área de 26 ha de remanescente da vegetação Caatinga (Maia-Silva et al., 2012), na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no município de Mossoró/RN (5°03'54.45"S, longitude 37°24'03.64" O e altitude de 79m). Nesta região as temperaturas médias anuais são bastante elevadas, com baixos e irregulares índices de precipitações (Ab'Sáber, 1999; Prado, 2003) e é comum a ocorrência de algumas espécies de abelhas sem ferrão (Zanella, 2000). Foram utilizados quatro ninhos em caixas racionais de abelhas sem ferrão da espécie *Melipona subnitida* Ducke, transferidas para o local de estudo há pelo menos um ano antes do início do experimento.

Amostragem da carga de água

Para investigar a coleta de água realizada pelas abelhas, mensalmente durante dois dias consecutivos, entre 05:00 e 17:00h, as entradas das colônias foram fechadas por 5 minutos e abelhas forrageiras retornando para as colônias sem material visível (pólen, barro e resina) e com abdômen distendido foram capturadas utilizando tubos de plástico. Para evitar uma redução na atividade forrageira foram coletadas no máximo três abelhas por colônia em cada horário. Posteriormente, essas abelhas coletadas foram adormecidas no gelo por 5 minutos, apenas para serem manipuladas e com o auxílio de um tubo microcapilar inserido na base bucal e uma leve pressionada no abdômen foram extraídas a carga líquida contida no papo. O volume (μL) e a concentração de açúcar da solução regurgitado foram medidos utilizando o microcapilar milimetrado e refratômetro digital portátil, respectivamente. Cargas que

continham menos de 5% de açúcar (sólidos totais dissolvidos) foram consideradas como água (Roubik e Buchmann, 1984).

Variáveis estudadas

Para cada mês e horário do estudo foram analisadas variáveis coloniais e climáticas. Nas variáveis coloniais observamos o número de abelhas forrageiras de água e o volume de água coletado por indivíduos. Nas variáveis climáticas foram registradas a temperatura média ($T_{MÉD}$), temperatura máxima ($T_{MÁX}$), temperatura mínima ($T_{MÍN}$), umidade relativa média ($UR_{MÉD}$) e precipitação pluviométrica mensal ($CHUVA$). Os dados climáticos foram obtidos por meio de um termohigrômetro e estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Análise dos dados

Todos os dados foram transformados em frequências relativas ao número total de abelhas coletadas em todo o estudo ($n = 780$, onde $n=690$ foi néctar; Limão *et al.*, artigo em prep.; Capítulo 1).

Avaliamos a potencial interação entre as variáveis climáticas e as atividades da colônia, utilizando o modelo da Análise de Correlação Canônica, que investiga e quantifica a relação entre dois conjuntos de variáveis (Hotelling 1936). Para avaliar as possíveis variações entre as atividades das colônias durante todo o ano de estudo, nos dados mensais foram utilizadas análises com Two-Way ANOVA (teste de Turkey para comparação de pares) e para cada variância foram considerados fontes de variações: o mês de observação (Fator 1) e a identidade das colônias (Fator 2). Já para as variações diárias (classes de horários), o teste exato de Fisher foi utilizado para a comparação de classes na atividade do forrageamento de água e análises com ANOVA on Ranks (método Dunn's) para a comparação de classes do volume coletado.

A frequência de distribuição das abelhas forrageiras retornando com água para a colônia a uma dada temperatura ambiental (janela térmica – faixa de temperaturas dentro da qual 90% da atividade ocorre) ao longo do período de estudo, foi avaliada utilizando uma análise de regressão não-linear (Gaussian Peak Model-Analysis). A partir do modelo de regressão, obteve-se a janela de térmica e a força da relação foi dada pelo valor do R^2_{ADJ} . Para todos os testes estatísticos foi considerado um nível de significância de $p \leq 0,05$, com exceção do teste exato de Fisher ($p \leq 0,02$ – teste de Bonferroni). Os gráficos e análises estatísticas foram feitos respectivamente através dos programas SigmaPlot. 10.0 e SigmaStat 3.5 (Systat Softwares Inc., EUA).

RESULTADOS

Variáveis climáticas

A temperatura ambiente ao longo de todo o ano do estudo (14 meses) variou cerca de 1,3°C para a temperatura máxima, 2,4°C para a temperatura média e 5,6°C na temperatura mínima. A maior temperatura máxima registrada foi 34,9°C (agosto/13) e a menor 33,6°C (maio/14). Nas temperaturas médias o maior registro foi 28,2°C (abril/14) e o menor 25,8°C (julho/13). A temperatura mínima apresentou maior registro em 23,4°C (dezembro/13) e menor em 17,8°C (setembro/13). Neste período a umidade relativa média do ar variou em máxima de 76,3% (maio/14) e mínima de 61,2% (agosto/14). A precipitação pluviométrica ocorreu durante quase todo o ano, sendo o maior índice 68 mm (julho/13), o menor 2,6 mm (julho/14) e em alguns outros meses não houve chuvas (agosto, setembro, outubro/13 e agosto/14). (Figura 1: A - B; Tabela 1). Durante as observações diárias (05:00 as 17:00h), a temperatura máxima registrada foi de 34,9°C (16:00) e a mínima foi 17,8 (08:00). A maior umidade relativa média registrada foi 84,1% (09:00) e a menor foi 47,9% (15:00). (Tabela 2)

Atividades coloniais mensais

Os parâmetros analisados em relação à atividade das colônias na coleta de água (número de abelhas forrageiras de água e o volume de água coletado por indivíduos) apresentaram variações significativas somente para os meses de estudo ($p < 0,001$), não existindo diferenças entre as colônias ($p > 0,05$) (Tabela 3). O número de abelhas coletando água foi mais intenso em meses com temperaturas mais elevadas (agosto/13 a fevereiro/14), considerado meses quentes e secos na região. Outubro/13 foi o mês que teve o maior número de abelhas forrageando por água (média mensal $56,7 \pm 34,3$) (Figura 2: A – Tabela 3). O volume de água coletado por cada abelha seguiu padrão semelhante ao do forrageamento, foi maior nos meses de agosto/13 a fevereiro/14, sendo outubro/13 (média mensal $62,1 \pm 33,7$) o mês de maior volume coletado (Figura 2: B – Tabela 3). Os meses de setembro/13 e julho/14 não houve registro de abelhas coletando água

Atividades coloniais diárias

O maior número de abelhas forrageando por água, assim como o maior volume de água coletado foi nos horários mais quentes do dia (11:00 as 17:00 horas). (Figura 3: A – B). De acordo com as classes de horários observadas, essas atividades apresentaram variações significativas ao longo do dia, sendo o horário das 11:00 as 13:00 horas o período mais intenso de forrageamento (média mensal $18,0 \pm 4,2$) e volume de água coletado ($18,5 \pm 7,4$) (Tabela 4).

Janela térmica do forrageamento de água

Analisando o número de forrageiras retornando às colônias a uma dada temperatura ambiental, registramos a faixa de temperatura na qual o forrageamento de água ocorre. A janela térmica encontrada foi entre $20,5^{\circ}\text{C}$ e $36,8^{\circ}\text{C}$, com

atividade máxima de coleta de água aos 33,4°C (Modelo de Pico Gaussian) $R^2_{ADJ}=0,95$; $p<0,0001$; $N= 4$ colônias; $n= 90$ forrageiras) (Figura 4).

Interação entre as variáveis climáticas e as atividades da colônia

De acordo com a análise da Correlação Canônica, uma relação significativa foi encontrada entre algumas das variáveis climáticas na atividade da coleta de água das colônias. A correlação indicou apenas uma função significativa que explica (Função I, $Rc^2=0,39\%$; $p< 0,001$) a variação encontrada nesse estudo (Tabela 5). Nesta Função I, a variação foi atribuída principalmente à temperatura mínima ($T_{MÍN}$) e temperatura média ($T_{MÉD}$) sob o número de abelhas coletando água e o volume de água coletado ($T_{MÍN}$: $rs^2=47,2\%$; $T_{MÉD}$: $rs^2=23,1\%$). Assim, um aumento na temperatura mínima ($T_{MÍN}$) e temperatura média ($T_{MÉD}$) representa um aumento no número de abelhas forrageando por água e no volume da carga de água coletada (ver sinais iguais em $r_{S-T_{MÍN}}$; $r_{S-T_{MÉD}}$; $r_{S-Forrag(\%)}$ e $r_{S-Vol(\%)}$)

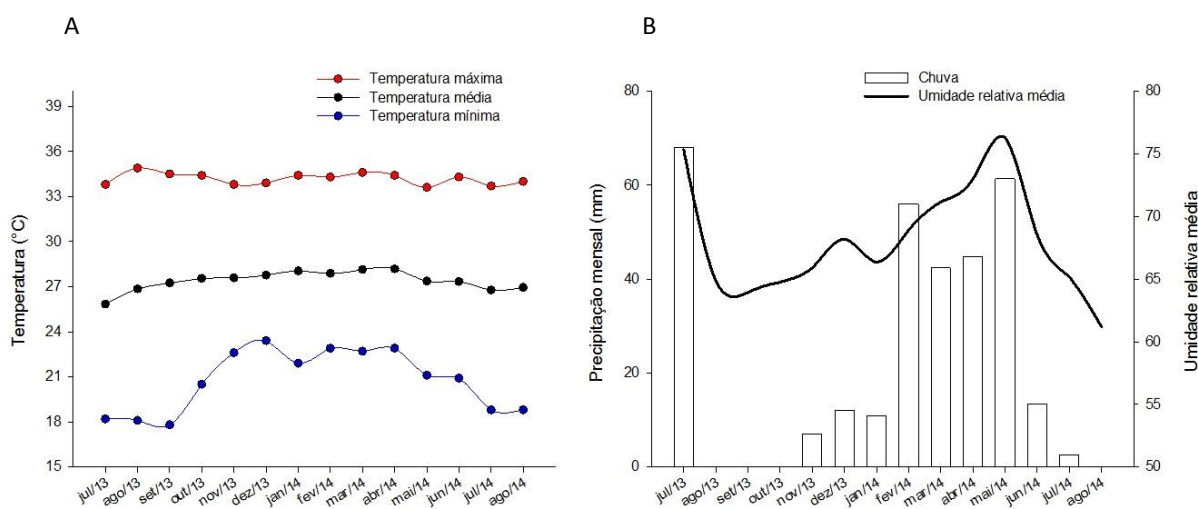


Figura 1: Valores mensais das variáveis climáticas durante o período de estudo (julho/2013 a agosto/2014). **A)** Temperatura máxima (círculos vermelhos), temperatura média (círculos pretos) e temperatura mínima (círculos azuis) **B)** Umidade relativa do ar média (linha preta) e precipitação pluviométrica. Em alguns meses não ocorreu à precipitação pluviométrica.

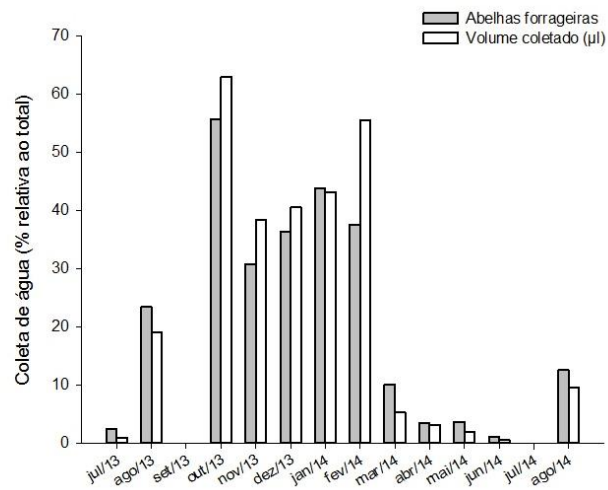


Figura 2: Variação mensal na atividade das colônias de *Melipona subnitida* durante o período de estudo. As barras representam à frequência mensal de abelhas coletando água (n=90): Barras cinzas - número de abelhas forrageiras de água; Barras brancas - o volume de água coletado pelas abelhas. Em alguns meses não houve registros de abelhas coletando água.

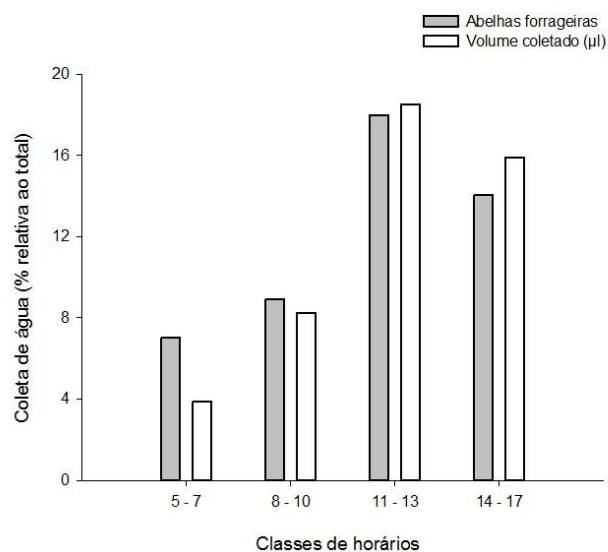


Figura 3: Variação diária na atividade das colônias de *Melipona subnitida* durante o período de estudo. As barras representam à frequência em classe de horas de abelhas coletando água (n=90): Barras cinzas - número de abelhas forrageiras de água; Barras brancas - o volume de água coletado pelas abelhas.

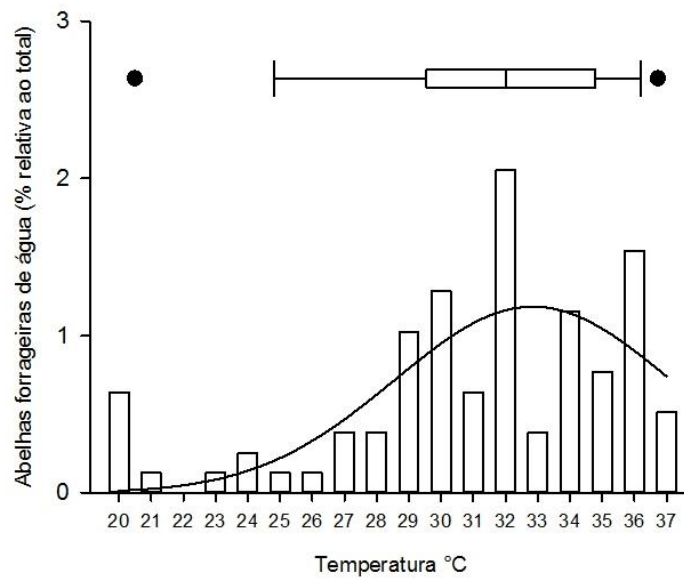


Figura 4: Janela térmica do forrageamento realizado por *Melipona subnitida*. As barras representam a frequência de distribuição de abelhas coletando água a dada temperatura ambiente (n=90). A linha sólida indica o respectivo Modelo Gaussiano de Pico. Boxplot horizontal indica a temperatura mediana (linha na caixa), e a temperatura varia em 50% (caixa), 80% (hastes) ou 90% (valores extremos) das forrageiras retornando para as colônias com cargas de água e néctar.

Tabela 1. Variáveis climáticas mensais registradas durante o período de estudo (Variáveis climáticas - VC: T_{MÁX}, Temperatura máxima; T_{MIN}, Temperatura mínima; T_{MED}, Temperatura média; UR_{MED}, Umidade relativa média do ar; CHUVA, precipitação mensal).

	Mês de Observação													
VC	07/13	08/13	09/13	10/13	11/13	12/13	01/14	02/14	03/14	04/14	05/14	06/14	07/14	08/14
T _{MÁX} (°C)	33,8	34,9	34,5	34,4	33,8	33,9	34,4	34,3	34,6	34,4	33,6	34,3	33,7	34,0
T _{MIN} (°C)	18,2	18,1	17,8	20,5	22,6	23,4	21,9	22,9	22,7	22,9	21,1	20,9	18,8	18,8
T _{MED} (°C)	25,8	26,8	27,2	27,5	27,6	27,8	28,0	27,9	28,1	28,2	27,4	27,3	26,8	26,9
UR _{MÉD}	75,3	64,9	63,9	64,8	65,9	68,2	66,4	68,9	71,2	73,0	76,3	68,5	65,2	61,2
CHUVA (mm)	68	0	0	0	7	12	10,8	56	42,4	44,8	61,4	13,4	2,6	0

Tabela 2. Variáveis climáticas diárias registradas durante o período de estudo (Variáveis climáticas - VC: T_{MÁX}, Temperatura máxima; T_{MIN}, Temperatura mínima; T_{MED}, Temperatura média; UR_{MED}, Umidade relativa média do ar).

	Horário de Observação												
VC	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
T _{MAX} (°C)	27,3	27	26,5	25,7	26	28,4	30,1	32,3	33,7	34,3	34,6	34,9	34,5
T _{MIN} (°C)	20,2	19,7	19	17,8	18,1	20,6	23,2	23,5	23,8	24,5	24,2	25	22
T _{MED} (°C)	24,6	24,2	23,7	23,3	23,6	25,8	27,8	29,3	30,5	31,4	31,8	31,8	31,4
UR _{MED} (%)	78,1	79,9	81,7	83,5	84,1	74,5	64,1	56,3	51,4	48,4	47,9	48,9	51,8

Tabela 3. Variação na atividade da colônia de *Melipona subnitida* ao longo dos meses durante o ano de estudo. Os valores são dados em médias $\pm$ desvio padrão de quatro colônias estudadas. Diferença entre os meses foi avaliada usando Two-way Anova (fator 1: meses de observação; fator 2: colônias). Dados os valores de *F* das respectivas fontes de variação (mês e colônia). Diferentes letras indicam diferenças significativas (post hoc teste de Turkey, $p < 0,05$) entre os meses. Variáveis coloniais: Forrag (%), forrageamento de água relativo ao total coletado; Volume (%), volume de água relativo ao total coletado. Não significativo (n.s.) $p > 0,05$; * $p < 0,001$

VCol	Meses						
	07-13	08-13	09-13	10-13	11-13	12-13	01-14
Forrag (%)	2,6 $\pm$ 2,0'a	22,9 $\pm$ 6,4'ab	0,0'a	56,7 $\pm$ 34,3'b	32,4 $\pm$ 11,9'ab	35,4 $\pm$ 29,2'ab	33,0 $\pm$ 26,0'ab
Volume (%)	1,2 $\pm$ 1,0'a	19,1 $\pm$ 2,4'abc	0,0'a	62,1 $\pm$ 33,7'b	43,7 $\pm$ 20,7'abc	42,3 $\pm$ 32,2'abc	30,7 $\pm$ 28,0'abc

VCol	Two-way ANOVA (F)	
	Meses	Colônias
Forrag	5,1*	1,8 n.s.
Vol (%)	6,0*	1,5 n.s.

VCol	Meses						
	02-14	03-14	04-14	05-14	06-14	07-14	08-14
Forrag (%)	35,7 $\pm$ 27,6' ab	3,8 $\pm$ 7,7' a	2,4 $\pm$ 4,8'a	2,8 $\pm$ 1,9'a	0,7 $\pm$ 1,4'a	0,0'a	15,0 $\pm$ 13,8'a
Volume(%)	50,5 $\pm$ 35,2'bc	2,2 $\pm$ 4,4'a	2,7 $\pm$ 5,5'a	1,4 $\pm$ 1,2'a	0,4 $\pm$ 0,8'a	0,0'a	11,4 $\pm$ 12,3'ac

Tabela 4. Variação na atividade da colônia de *Melipona subnitida* ao longo do dia durante o ano de estudo. Os valores são dados em médias $\pm$ desvio padrão de quatro colônias estudadas. Diferença entre as classes de horários foi avaliada usando o teste exato de Fisher (forrageamento) e ANOVA on Ranks (volume). Diferentes letras indicam diferenças significativas (post hoc teste de Bonferroni, $p < 0,02$ e teste de Turkey, $p < 0,05$, respectivamente para as variáveis analisadas) entre as classes de horários. Variáveis coloniais: Forrag (%), forrageamento de água relativo ao total coletado; Volume (%), volume de água relativo ao total coletado. * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$

VCol	Classes de horários				p
	5 - 7	8 - 10	11 - 13	14 - 17	
Forrag (%)	7,0 $\pm$ 5,2' a	8,9 $\pm$ 0,7' a	18,0 $\pm$ 4,2' b	14,1 $\pm$ 5,9' ab	*
Volume (%)	3,9 $\pm$ 1,2' ab	8,2 $\pm$ 0,5' a	18,5 $\pm$ 7,4' b	15,9 $\pm$ 9,6' c	**

Tabela 5. Análise de Correlação Canônica para estimar a relação entre as condições climáticas e a atividade da colônia de *Melipona subnitida*. Coeficiente canônico (SSC), coeficiente estrutural (r_s) e coeficiente estrutural ao quadrado (r_s^2) de cada variável das funções analisadas. A Correlação canônica (CC) de cada função: coeficiente de correlação canônico (Rc), coeficiente de correlação canônico ao quadrado (Rc^2), valor de correlação de P (p). Variáveis climáticas: T_{MÁX}, temperatura máxima; T_{MÉD}, temperatura média; T_{MÍN}, temperatura mínima; UR_{MÉD}, umidade relativa média; CHUVA, precipitação total; Variáveis da colônia: Forrag (%), forrageamento de água relativo ao total coletado; Vol (%), volume de água relativo ao total coletado.

		Função I		
	Variáveis	r_s	SSC	r_s^2 (%)
Climáticas	T _{MÁX}	0,1	-0,1	0,6
	T _{MÉD}	-0,5	1,0	23,1
	T _{MÍN}	-0,7	-1,7	47,2
	UR _{MÉD}	0,3	1,4	6,4
	CHUVA	0,1	-0,7	0,9
Coloniais	Forrag(%)	-0,8	1,9	59,2
	Vol(%)	-0,9	-2,7	80,7
		Rc	Rc^2 (%)	p
CC		0,62	0,39	<0,001

DISCUSSÃO

Analisando-se os dados do presente estudo, de uma maneira geral pode-se concluir que a temperatura ambiental é o fator que influencia na coleta de água realizada pelas abelhas *Melipona subnitida* na região do semiárido brasileiro. O resultado sugere que assim como em *Apis* (Lindauer, 1954), a *M. subnitida* possua um mecanismo de termorregulação ativo, no qual as abelhas coletam água para fins de resfriamento evaporativo. Uma vez que sob condições de clima quente e seco, a coleta de água realizada por algumas espécies de abelhas sem ferrão é adotada como uma estratégia para regulação do clima da colônia (Biesmeijer *et al.*, 1999).

Durante muito tempo diversos estudos apontaram a ventilação como o único mecanismo ativo desenvolvido pelas abelhas sem ferrão contra proteção a altas temperaturas, não sendo possível o uso da água como uma atividade termorregulatória (Zucchi e Sakagami, 1972; Roubik e Peralta, 1983; Moritz e Crewe, 1988; Engels *et al.*, 1995; Nogueira-Neto, 1997; Roubik, 2006; Jones e Oldroyd, 2007). No entanto, a possível existência de um mecanismo de aferrecimento entre os meliponíneos, vem a se tornar mais evidente quando estudos observaram a prática da coleta de água por estas abelhas associados a um aumento na temperatura ambiental e diminuição na temperatura do ninho (Cauich *et al.*, 2004; Macias-Macias *et al.*, 2011; Vollet-Neto *et al.*, 2014).

No nosso estudo não foi investigado as condições térmicas dentro do ninho, abordamos apenas a coleta de água em relação a fatores ambientais e pudemos observar que a temperatura ambiental influenciou positivamente. Desse modo, a janela térmica do forrageamento de água da *M. subnitida* mostrou que a maior intensidade de coleta é realizada quando as temperaturas estão elevadas (29 - 36°C) e bem acima da amplitude mostrada em janelas térmicas de outros recursos

(pólen, 22 - 28°C; néctar, 24 - 32°C) já estudados para a mesma espécie e dentro do mesmo hábitat (Maia-Silva, 2015; Limão *et al.*, artigo em prep.; Capítulo 1). Em condições laboratoriais, Ferreira (2014) observou que as abelhas *M. subnitida* apresenta o consumo de água quando as temperaturas atingem a faixa dos 35° a 40°C e que essa coleta torna-se ainda mais acentuada quando a temperatura alcança os 40°C. No entanto, em ambiente natural acredita-se que possivelmente essas abelhas evitariam se expor a temperaturas tão altas, visto que o tempo de exposição poderia ser um fator letal para a sua sobrevivência.

Em ambientes áridos, muitas espécies de abelhas solitárias evitam o calor do dia e usualmente apresentam um padrão de atividade bimodal em manhã e noite, aproveitando assim as horas de temperaturas mais baixas, mesmo quando os recursos florais estão disponíveis ao longo de todo o dia (Willmer, 1988; Herrera, 1990). Por outro lado, nestes mesmos ambientes as espécies que forrageiam durante o dia todo desenvolvem habilidades endotérmicas para suportar as altas temperaturas, como por exemplo, coletar água para diminuição da temperatura torácica entre intervalos durante suas atividades de voo (Willmer, 1986). Aqui no nosso trabalho, não descartamos a hipótese da *M. subnitida* ter coletado água como forma de diminuir a sua temperatura corporal frente às suas atividades forrageiras e consequentemente influenciando na diminuição da temperatura do ninho (Jones e Oldroyd, 2007). Porém, no momento (meses e horas) de maior coleta de água realizada por essas abelhas e relatada nesse estudo, à atividade de forrageamento, principalmente recursos como pólen e néctar é diminuída consideravelmente. Neste mesmo período meses quentes e secos, temperaturas bastante elevadas ao longo do dia, assim como baixa disponibilidade de recursos florais no ambiente são fatores

que contribuem para a diminuição da atividade forrageira da *M. subnitida* (Maia-Silva, 2015; Limão *et al.*, artigo em prep.; Capítulo 1).

Diferentemente do néctar, recurso coletado mais frequentemente pelas abelhas por ser sua fonte de energia, a água é recolhida de acordo com a demanda atual da colônia e não sendo armazenada em células, como pólen ou o néctar (Park, 1946; Seeley, 1996). Assim, mais uma das hipóteses sugerida para a coleta de água pelas abelhas além da temperatura, é a de regulação da umidade dentro do ninho (Park, 1946; Wohlgemuth's, 1957, apud Michener, 1974). Em *Apis mellifera* já é constatado que a umidade é mantida a níveis relativamente constantes na colônia, através da existência de mecanismos ativos (coleta de água) e passivos (desidratação do néctar e transpiração) (Wohlgemuth's, 1957, apud Michener, 1974; Human *et al.*, 2006). Já nos meliponíneos, o primeiro registro de controle da umidade dentro do ninho ainda é recente. Nesse trabalho, verificaram que a *Scaptotrigona depilis* mantém níveis altos de umidade relativa quando comparado com a *A. mellifera* (Vollet-Neto, 2011). Aqui não verificamos nenhuma condição interna das colônias. Contudo, durante os períodos de coleta de água, observamos que o néctar coletado pelas abelhas apresentava concentrações muito baixas de açúcar, o que não poderia deixar de ser um indício para a manutenção da umidade nas colônias, assim como do resfriamento (Nicolson, 2009; Silva *et al.*, 2015; Limão *et al.*, artigo em prep.; Capítulo 1). A coleta de água e a desidratação do néctar são mecanismos que aumentam os níveis de umidade dentro do ninho, mas no estudo com a *S. depilis* foi verificado que em condições extremas de temperatura, essa espécie parece priorizar o resfriamento da colônia a ter que manter níveis altos de umidade relativa (Vollet-Neto, 2011). A umidade relativa interna das colônias apesar de ser maior, depende muito da umidade relativa do ambiente (Human *et al.*, 2006),

em *S. depilis* as médias entre as umidades interna e externa foram muito parecidas. No presente estudo, analisando as condições do ambiente, nossos resultados mostrou não existir nenhuma relação entre a coleta de água realizada pelas abelhas *M. subnitida* e a umidade relativa do ar.

Outro indício da coleta de água pelas abelhas seria o da provisão do alimento dado para as larvas (Park, 1946; Roubik, 1989). Nas abelhas sem ferrão a composição da provisão é bastante líquida, podendo variar em torno de 40 a 60% de água (Roubik, 1989). Porém, no momento do nosso estudo em que as abelhas realizavam as maiores coletas de água, devido às condições adversas da região semiárida, principalmente uma forte redução na disponibilidade de recursos florais no ambiente, a *M. subnitida* a fim de evitar gastos com a colônia interrompe a construção de células de cria, reduzindo a produção de novos indivíduos e mantendo apenas um número mínimo de abelhas nas atividades essenciais da colônia (Maia-Silva, 2015).

Com base nos resultados aqui apresentados, a coleta de água por colônias de *M. subnitida* é intensificada quando as temperaturas ambientais estão elevadas, o que sugere uma estratégia adaptativa de evaporação para o resfriamento do ninho durante os períodos quentes, permitindo para as abelhas lidar com as condições climáticas do semiárido brasileiro. No entanto, elevadas temperaturas resultantes das mudanças climáticas projetadas para o futuro nesta região (Marengo *et al.*, 2011) podem influenciar na sobrevivência desta espécie (Maia-Silva, 2013). Uma vez que as fontes de água na qual as abelhas coletaram, ainda que desconhecido, podem se esgotar e a busca por recursos como o néctar com conteúdo mais diluído pode reduzir o ganho energético da colônia (Silva *et al.*, 2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Dossiê Nordeste seco Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Revista Estudos Avançados**, 1999.

BIESMEIJER, J. C.; ERMERS, M. C. W. Social foraging in stingless bees: how colonies of *Melipona fasciata* choose among nectar sources. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 46, p. 129-140, 1999.

CAUICH, O.; QUEZADA-EUAN, J. J. G.; MACIAS-MACIAS, J. O.; REYES-OREGEL, V.; MEDINA-PERALTA, S.; PARRA-TABLA, V. Behaviour and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical Mexico. **Journal of Economic Entomology**, p. 97, 475–481, 2004.

ENGELS, W.; ROSENKRANZ, P.; ENGELS, E. Thermoregulation in the nest of the neotropical stingless bee *Scaptotrigona postica* and a hypothesis on the evolution of the temperature homeostasis in highly eusocial bees. **Neotropical Fauna and Environment**, v. 30, p.193–205, 1995.

FERREIRA, Noeide da Silva. **Temperatura colonial e tolerância térmica de *Melipona subnitida*, uma espécie de abelha sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), da caatinga**. 2014. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró/RN, 2014.

HEINRICH, B. **The Hot-Blooded Insects: Strategies and Mechanisms of Thermoregulation**. Harvard: Harvard University Press, p. 227-276, 1993.

HERRERA, C. M. Daily patterns of pollinator activity, differential pollinating effectiveness, and floral resource availability, in a summer-flowering Mediterranean shrub. **Oiko**. v. 58, n. 3, p. 277-288, 1990.

HOTELLING, H. Relations between two sets of variables. **Biometrika**, v. 28, p. 321-377, 1936.

HUMAN, H.; NICOLSON, S. W.; DIETEMANN, V. Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest? **Naturwissenschaften**, v. 93, p. 397-401, 2006.

JONES, J. C.; OLDROYD, B. P. Nest thermoregulation in social insects. **Advances in Insect Physiology**, v. 33, p. 153-191, 2007.

LINDAUER, M. Temperaturregulierung und Wasserhaushat im Bienenstaat. **Zeitschrift für Angewandte Entomologie**, v. 36, p. 108-112, 1954.

MACÍAS-MACÍAS, J. O.; QUEZADA-EUAN, J. J. G.; CONTRERAS-ESCAREÑO, F.; TAPIA-GONZALEZ, J. M.; MOO-VALLE, H.; AYALA R. Comparative temperature tolerance in stingless bee species from tropical highlands and lowlands of Mexico and implications for their conservation (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 42, p.679-689, 2011.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga**. 1. ed. Fortaleza/CE : Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.

MAIA-SILVA, C; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, Advance online publication. DOI: 10.1007 / s13592-015-0354-11–13, p. 1-13, 2015.

MARENGO, J. A., et al. **Dangerous Climate Change in Brazil**. Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) of the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brazil, and the Met Office Hadley Centre, UK. 2011.

MICHENER, C.D. **The Social Behavior of the Bees**. Massachusetts: Harvard University Press, 1974.

MORITZ, R. F. A.; CREWE, R. M. Air ventilation in nests of two African stingless bees *Trigona denoiti* and *Trigona gribodoi*. **Experientia**, v. 44, p. 1024–1027, 1988.

NICOLSON, S. W. Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. **Journal of Experimental Biology**, v. 212, p. 429–434, 2009.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, p. 447, 1997.

PARK, O. W. Activities of honeybees. In: GROUT, R. A. (ed.). **The hive and the honeybee**, Chap. IV. DADANT & SONS, HAMILTON. Ilinóis. 1946.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 3-74, 2003.

SILVA, A. G. M.; MAIA-SILVA, C.; SÁ-FILHO, G. F.; PEREIRA, J. S.; MOURA, V. S.; HRNCIR, Michael. Trade-off in nectar collection between concentrated and diluted nectar by stingless bees in the brazilian tropical dry-forest. **XI Encontro sobre Abelhas**, Ribeirão Preto/SP, 2015.

SEELEY, T. D. **The Wisdom of the Hive: the Social Physiology of Honey Bee Colonies**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.

SEELEY, T.D. **Ecologia da Abelha: Um Estudo de Adaptação na Vida Social**, Porto Alegre, RS: Paixão, 2006.

ROUBIK, D. W.; PERALTA, F. A. P. Thermodynamics in nests of two *Melipona* species in Brasil, **Acta Amazonica**, v. 13, p. 453–466, 1983.

ROUBIK, D. W.; BUCHMANN, S. L. Nectar selection by *Melipona* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and the ecology of nectar intake by bee colonies in a tropical forest, **Oecologia**, v. 61, p. 1–10, 1984.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts, p. 248, 1989.

ROUBIK, D. W. Stingless bee nesting biology. **Apidologie**, v. 37, p. 124–143, 2006.

VOLLET-NETO, A. **Biologia térmica de *Scaptotrigona depilis* (Apidae, Meliponini): adaptações para lidar com altas temperaturas**. 2010, 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

VOLLET-NETO, A.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. Lucia. Behavioural and developmental responses of a stingless bee (*Scaptotrigona depilis*) to nest overheating. **Apidologie** (Celle), v. 1, p. 1, 2014.

WILLMER, P. G. Foraging Patterns and Water Balance: Problems of Optimization for a Xerophilic Bee, *Chalicodoma sicula*. **Journal of Animal Ecology**, v. 55, p. 94 I-962, 1986.

WILLMER, P. G. The role of insect water balance in pollination ecology: *Xylocopa* and *Calotropis*. **Oecologia**, v. 76, p. 430-438, 1988.

ZANELLA, F. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes): a species list and comparative notes regarding their distribution. **Apidologie**, v. 31, p. 579-592, 2000.

ZUCCHI, R.; SAKAGAMI, S. F. Capacidade Termorreguladora em *Trigona spinipes* e em algumas espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). In: CRUZ-LANDIM, C. et al (eds.). **Homenagem Warwick E. Kerr**. Rio Claro, SP. p. 301-309, 1972.