

INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS NO CLIMA NOS PADRÕES DE FORRAGEAMENTO E ASPECTOS POPULACIONAIS DE ESPÉCIES DE *MELIPONA* NA MATA ATLÂNTICA

Julia Bastos Radtke e Leandro Tavares Azevedo Vieira

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

As Meliponas são abelhas sem ferrão que podem ser encontradas na região da Mata Atlântica e as atividades de forrageamento que elas realizam são essenciais para garantir a conservação desse bioma, pois é por meio delas que ocorre a polinização de diversas espécies nativas. O forrageamento é de grande importância para a nutrição adequada das colônias, pois garante que as abelhas terão a disponibilidade de néctar e pólen suficientes. Neste projeto buscamos compreender como as mudanças no clima podem afetar as populações de *M. scutellaris*, *M. rufiventris*, *M. marginata*, *M. mandacaia* e *M. capixaba* e consequentemente seus padrões de forrageamento. Para isso, levantamos os dados ocorrência de cada uma das espécies no GBIF, e a partir das coordenadas geográficas disponíveis foram obtidos os respectivos dados climáticos presentes e futuros no WorldClim. Com todos estes dados foram elaborados gráficos box-plot no Excel e os resultados mostram que futuramente é esperado que ocorra um aumento considerável nas temperaturas médias em todos os meses do ano onde as espécies ocorrem atualmente. Com isso as populações de Meliponas devem sofrer prejuízos, principalmente devido a uma diminuição nas atividades de forrageamento, o que deve diminuir a disponibilidade de recursos alimentares disponíveis para a colônia e os índices de polinização de espécies nativas, prejudicando também a Mata Atlântica. A precipitação apresenta um impacto menos significativo, pois não foram detectadas mudanças muito drásticas para o futuro.

Palavras-chave: *Meliponas*, forrageamento, mudanças climáticas.

ABSTRACT

Meliponas are stingless bees that can be found in the Atlantic Rainforest region, and the foraging activities they perform are essential for ensuring the conservation of this biome. Through their foraging, the pollination of various native species takes place. Foraging is of great importance for the proper nutrition of colonies, as it ensures that the bees will have an adequate supply of nectar and pollen. In this project, we aim to understand how climate changes can affect the populations of *M. scutellaris*, *M. rufiventris*, *M. marginata*, *M. mandacaia*, and *M. capixaba*, and consequently their foraging patterns. To do this, we collected occurrence data for each species from GBIF, and using the available geographic coordinates, we obtained the respective present and future climatic data from WorldClim. With

all this data, box-plot graphs were created in Excel, and the results show that a considerable increase in average temperatures is expected in all months of the year where the species currently occur. As a result, *Melipona* populations are likely to suffer, primarily due to a decrease in foraging activities, which would reduce the availability of food resources for the colony and the pollination rates of native species, thus negatively impacting the Atlantic Rainforest. Precipitation has a less significant impact, as no drastic changes were detected for the future.

Keywords: *Meliponas*, foraging, climate change.

1. INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão são espécies nativas (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010) que são responsáveis pela polinização de grande parte das árvores nativas do Brasil (Kerr *et al.*, 1996), por isso, estão entre os animais mais importantes quando se trata da manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010). A atividade de polinização é realizada durante o forrageamento que envolve também a coleta de néctar e resina (Padilha *et al.*, 2017). Estas abelhas são insetos que pertencem a ordem Hymenoptera, mais especificamente a família Apidae (Melo, Aguiar e Garcete-Barret, 2012).

Algumas espécies do gênero *Melipona* são nativas da Mata Atlântica, uma floresta ombrófila que teve sua distribuição original reduzida drasticamente até os dias de hoje devido as ações antrópicas (Franke *et al.*, 2005). A ação das *Meliponas* como agentes polinizadores de espécies vegetais silvestres é de grande importância para os ecossistemas brasileiros, tornando-se também essencial para a conservação da Mata Atlântica (Padilha *et al.*, 2017).

As atividades antrópicas têm afetado cada vez mais o clima do planeta Terra, resultando em alterações no ambiente que podem impactar de forma direta na biodiversidade (Vila-Verde, Santos e Bonfim, 2021). Segundo o relatório do IPCC o aquecimento de 1°C já é uma realidade, assim como seus impactos duradouros ou até mesmo irreversíveis em muitos ecossistemas terrestres (Panmao Zhai *et al.*, 2021).

Os insetos da ordem Hymenoptera, são muito susceptíveis a mudanças no ecossistema em que vivem, por isso uma mudança no clima pode ser fatal para algumas destas espécies (Hilty & Merenlender, 2000). Acredita-se que as atividades de forrageamento iniciam, aumentam e diminuem influenciadas principalmente pela temperatura (Roubik, 1989) e alterações neste fator climático pode afetar diretamente na polinização, um serviço ecossistêmico regulatório e essencial para a reprodução das plantas (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010).

Além de serem essenciais para a polinização da vegetação em ecossistemas naturais, as abelhas também são muito importantes para a polinização de plantações agrícolas (Daily, 1998). Os países em desenvolvimento são responsáveis por mais de 2/3 da produção de produtos agrícolas no mundo inteiro, e esta agricultura é 50% mais dependente da polinização das abelhas, em relação aos países desenvolvidos (Aizen *et al.*, 2008). Assim, pode-se dizer que as abelhas garantem a produção de alimentos de qualidade e o crescimento econômico de países em desenvolvimento.

As abelhas e as plantas evoluíram de forma conjunta durante milhões de anos de acordo com determinados fatores abióticos (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010), entretanto, uma mudança em ritmo acelerado no clima poderá tornar estas interações interespecíficas um

processo desarmônico, mudando o período de floração de algumas espécies vegetais e consequentemente desequilibrando os ciclos ecológicos (Aldridge, 2011).

As mudanças nos períodos de floração causam uma incompatibilidade temporal entre as áreas ocupadas pelas plantas e as abelhas (Aldridge, 2011). O resultado é uma diminuição nas populações de abelha, devido a escassez de recursos (Giannini *et al.*, 2012), além de, uma consequente redução nas taxas de polinização, serviço ecológico chave para a manutenção e a conservação dos ecossistemas (Silva e Paz, 2012).

Uma queda nas taxas de polinização impactaria de maneira negativa no sucesso reprodutivo das plantas, uma vez que as abelhas são responsáveis por realizar cerca de 80% da fecundação cruzada das espécies vegetais (Rickets *et al.*, 2008). Uma diminuição nas atividades de polinização acarretaria uma consequente redução na produção de frutos e sementes, prejudicando também outros animais que dependem destes recursos para sua alimentação (Giannini *et al.*, 2012) e causando um desequilíbrio alarmante nas relações tróficas.

A Mata Atlântica já sofre muito com processos de fragmentação devido a ação antrópica (Tabarelli, 2005) por isso, uma mudança nos períodos de floração e consequente alteração nos padrões de forrageamento das populações de abelhas poderia ser muito perigosa para a manutenção da biodiversidade deste bioma.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O forrageamento é uma atividade realizada pelas operárias que é essencial para a manutenção do equilíbrio da colmeia. Normalmente nos períodos da manhã e da tarde, nos quais as temperaturas são mais amenas, as abelhas deixam o ninho em busca de néctar e pólen (Padilha *et al.*, 2017; Fidalgo e Kleinert, 2007). Enquanto o néctar serve para suprir as demandas energéticas das abelhas, o pólen é utilizado como fonte de proteína, garantindo a nutrição adequada de toda colônia (Velthuis, 1997). Além disso, as operárias também acabam coletando resinas e ceras que são usadas para a construção do ninho (Roubik, 1992).

Como consequência do forrageamento as abelhas acabam realizando a polinização, que consiste em uma relação entre as angiospermas e as abelhas. Estes seres vivos evoluíram de maneira conjunta durante milhões de anos, enquanto as abelhas voam de flor em flor, para obterem alimento para si e suas proles, os grãos de pólen ficam aderidos ao seu corpo e acabam sendo depositados no estigma de outra flor, realizando a fertilização cruzada, que é essencial para a sobrevivência das angiospermas (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010).

Este serviço ecossistêmico é essencial para a manutenção das populações selvagens de espécies vegetais e para a produção agrícola garantindo a alimentação da sociedade e a abundância das florestas (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010). Os insetos são

protagonistas na execução deste serviço ecossistêmico, pois estabelecem uma relação mutualística com as plantas, isto é, uma relação essencial para a sobrevivência de ambos (Favato & Andrien, 2009). Dentre os insetos, as abelhas são as principais espécies responsáveis pela polinização (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010).

As abelhas nativas sem ferrão, pertencentes a tribo Meliponina (Silveira, Melo e Almeida, 2002) são conhecidas por apresentarem o ferrão atrofiado (Lopes, Ferreira e Santos, 2005), hábitos alimentares generalistas (Roubik, 1992) e comportamento eusocial. Este tipo de comportamento é caracterizado pela divisão do trabalho entre as abelhas que vivem em uma mesma colônia, estas dividem-se em castas, sendo as operárias as castas não reprodutivas e a rainha a reprodutiva (Michenner, 1974).

As espécies da tribo Meliponina são de grande importância no território brasileiro pois, são responsáveis pela polinização de até 90% das árvores nativas (Kerr, Carvalho e Nascimento, 1996), garantindo assim sua abundância em nossas florestas. Algumas espécies do gênero *Melipona* podem ser encontradas na região da Mata Atlântica segundo dados do Gbif (Gbif, 2022).

As ameaças contra os Meliponíneos, tribo das abelhas sem ferrão são várias, porém destacam-se: a introdução de espécies invasoras, o uso de inseticidas, as ações antrópicas e a fragmentação de habitats (Kerr *et al.* 2010). Estas são ameaças importantes não só para as abelhas, mas também para muitas outras espécies da Mata Atlântica, uma floresta que se encontra extremamente fragmentada, com uma área total que corresponde a apenas 12% de sua cobertura original (Ribeiro *et al.*, 2011).

Nos últimos anos vem surgindo indícios de uma nova ameaça a estes animais, as mudanças climáticas. Algumas pesquisas já detectaram um grande impacto dessas alterações no clima na biodiversidade de insetos ao redor do globo (Vila-Verde, Santos e Bonfim, 2021). Os insetos são muito sensíveis a alterações no ambiente em que vivem, por isso são utilizados como bioindicadores, mudanças bruscas no ambiente podem alterar sua fenologia, seu ciclo de vida e sua nutrição (Vila-Verde, Santos e Bonfim, 2021), além de mudar os tamanhos populacionais, os padrões de migração e a distribuição geográfica destes seres (Tryvanowski *et al.* 2010).

Atualmente as mudanças no clima já são uma realidade, segundo o relatório do IPCC (Panmao Zhai *et al.*, 2021) é estimado que as atividades humanas tenham causado cerca de 1°C de aquecimento global. Com isso, surgem diversas consequências negativas como: eventos climáticos extremos, perda de ecossistemas e serviços essenciais que estes fornecem, e a extinção de espécies (Panmao Zhai *et al.*, 2021).

O fato de serem animais pecilotérmicos, torna as abelhas suscetíveis a gradientes de temperatura (Cranston e Gullan, 2017). Além disso, foram feitos estudos, como os trabalhos de Aldridge (2011), que mostram que as alterações no clima estão causando uma mudança nos períodos de floração, o que resulta em uma incompatibilidade temporal entre as áreas ocupadas pelas flores e abelhas.

Devido as possíveis alterações nas populações de abelhas causadas pelas mudanças climáticas, os processos de polinização seriam altamente prejudicados. Com isso, a sobrevivência das plantas estaria em risco, assim como a fotossíntese, um serviço ecossistêmico essencial para a sobrevivência de todas as espécies (Kluge, Tezotto-Uliana e Da Silva, 2015).

Além disso, as espécies vegetais atuam na base da cadeia alimentar (Bampi, Scur e Scopel, 2014) e é graças aos processos de polinização que são capazes de fornecer sementes e frutos de qualidade e na quantidade necessária (Rickets *et al.*, 2008) para alimentar os animais dos próximos níveis tróficos. Assim, é evidente que uma diminuição nos níveis de polinização resultaria em um grande desequilíbrio em toda cadeia alimentar.

O setor agrícola também seria prejudicado pois, segundo dados da FAO (2021) 75% das culturas alimentares dependem da polinização feita pelas abelhas. Considerando que a economia brasileira é altamente dependente do setor agrícola, já que em 2021 o agronegócio alcançou uma participação de 27,4% no PIB, sendo a maior desde 2004 (Cepea, Esalq e USP, 2022), uma queda na população de abelhas poderia acarretar sérios problemas econômicos no país.

O presente projeto, visa compreender como as mudanças no clima podem afetar os padrões de forrageamento e a reprodução das espécies: *Melipona rufiventris*, *Melipona capixaba*, *Melipona scutellaris*, *Melipona marginata* e *Melipona marginara*. Todas são abelhas nativas sem ferrão, que são consideradas agentes polinizadores de grande importância no território brasileiro (Padilha *et al.*, 2017), contribuindo assim para a sua preservação. Além disso, algumas das espécies selecionadas para serem estudadas como *Melipona rufiventris* e *Melipona capixaba* já se encontram em perigo de extinção segundo dados do Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBIO, 2018).

3. METODOLOGIA

3.1 Coleta de dados

Os registros de espécies do gênero *Melipona*, que apresentavam coordenadas geográficas válidas e dentro do território brasileiro, foram obtidas na plataforma GBIF (2022). Foi feito uma seleção das espécies que ocorriam com o maior número de registros na Mata Atlântica, chegando nas espécies *Melipona rufiventris* Lepeletier, 1836, *Melipona mandacaia*

Smith 1863, *Melipona capixaba* Moure & Camargo, *Melipona scutellaris* Latreille 1811 e *Melipona marginata* Lepeletier 1836. Os registros duplicados que continham a mesma coordenada geográfica e data de coleta foram excluídos.

Para a realização do projeto, primeiramente foi feita uma pesquisa para determinar quais os fatores climáticos que mais influenciam na sobrevivência das espécies de *Melipona*, que é o gênero foco da pesquisa. Com base nestas pesquisas, os fatores climáticos escolhidos foram: temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação média.

A partir das coordenadas geográficas das espécies selecionadas de *Melipona*, foram obtidos os respectivos dados climáticos presentes e futuros do WorldClim (2023) utilizando a linguagem R (R Core Team, 2022). O WorldClim é uma base de dados meteorológicos e climáticos globais de alta resolução espacial amplamente usada pela ecologia contemporânea (Booth, 2022). Os dados climáticos presentes no WorldClim são baseados em dados entre 1970-2000, enquanto os modelos climáticos futuros foram usados do modelo CMIP6 de 2061-2080. (Worldclim, 2023). Para esses modelos, os dados são apresentados como médias mensais. Foram também obtidos dados das variáveis Bioclimáticas, que são apresentadas como médias anuais. As variáveis utilizadas foram: temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação.

3.2 Análise de dados

Os dados presentes e futuros da temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação média, correspondentes a cada coordenada geográfica de cada uma das cinco espécies de *Melipona* foram então organizados em tabelas no Excel, para que por fim fossem produzidos os gráficos box-plot a fim de visualizar e comparar as variáveis climáticas entre o presente e o futuro de cada uma das espécies.

Os gráficos do tipo box-plot são amplamente utilizados em estudos como este pois, eles são capazes de exibir medidas de posição central e de dispersão. As medidas de posição central como a média e a mediana, dão uma ideia da dispersão dos valores através da distância interquartílica (Sokal & Rohlf, 1995). Foram feitos gráficos gerais, os quais continham todos os registros de *Melipona*, isto é, incluindo as cinco espécies estudadas. Além disso, também foram feitos gráficos específicos para que cada espécie pudesse ser analisada separadamente. Em todos os box-plots produzidos, as caixas verdes representam os fatores climáticos atuais e caixas laranjas representam os fatores climáticos esperados para o futuro.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Resultados

No total foram obtidos 55 registros da espécie *M.scutellaris*, 61 de *M.rufiventris*, 81 de *M.marginata*, 16 de *M.mandacaia* e 6 de *M.capixaba*. A partir destes registros foram produzidos uma série de gráficos box-plot gerais e exclusivos de cada uma das espécies. Estes gráficos demonstram alguns fatores climáticos que poderiam influenciar na reprodução e forrageamento das populações de Meliponas na região da Mata Atlântica. Porém, devido a escassez de registros das espécies *M. capixaba* e *M. mandacaia*, não foi possível produzir gráficos exclusivos para elas, mas estão incluídas nos gráficos gerais.

Analisando os gráficos gerais referentes à temperatura, as médias das temperaturas máximas aumentaram em todos os meses (Gráfico 1), assim como as médias das temperaturas mínimas (Gráfico 2). Atualmente o mês com a média mais alta é janeiro, com 29,59°C de máxima (Gráfico 1) e 18,89° de mínima (Gráfico 2). Futuramente, espera-se que o mês com a média mais elevada seja dezembro, com 33,33°C de máxima (Gráfico 1) e 22,37°C de mínima (Gráfico 2). Também é possível observar que o mês com maior amplitude, isto é, que apresentou maior diferença entre a média atual e futura foi dezembro, com uma diferença de 4,27°C da média máxima (Gráfico 1) e uma diferença de 4,26°C da média mínima (Gráfico 2).

Nos gráficos da espécie *Melipona scutellaris* é possível conferir que, as médias máximas (Gráfico 3) e mínimas (Gráfico 4) também aumentaram em todos os meses, com destaque para o mês de dezembro, que apresentou um aumento de, 4,27°C na média máxima (Gráfico 3) e 3,69°C na média mínima (Gráfico 4). Atualmente, o mês com as temperaturas mais elevadas é o mês de janeiro, com médias que variam de 29,59°C a 18,89°C. Futuramente, espera-se que dezembro e janeiro sejam os meses mais quentes, com médias de, respectivamente, máxima de 33,33°C (Gráfico 3), mínima de 23,93°C (Gráfico 4) e máxima de 33,17°C (Gráfico 3), mínima de 24,11°C (Gráfico 4).

Em seguida, é possível analisar os gráficos correspondentes a espécie *Melipona rufiventris*. A previsão das médias máximas (Gráfico 5) e mínimas (Gráfico 6) nas localidades onde esta população habita tendem a aumentar em todos os meses futuramente. Atualmente os meses mais quentes são fevereiro, com máximas de 28,73°C (Gráfico 5) e mínimas de 18,85°C (Gráfico 6), e janeiro com médias que variam de, 28,62°C a 18,79°C. Já no futuro observa-se uma grande mudança, sendo que o mês com a média máxima mais alta passa a ser outubro, com 33,53°C (Gráfico 5), e o mês com a média mínima mais alta passa a ser novembro com 22,85°C (Gráfico 6). O mês com maior amplitude entre presente e futuro, isto é, com maior diferença de temperatura, foi o mês de outubro, que apresentou um aumento de 5,3°C para as médias máximas (Gráfico 5) e 5,03°C para as médias mínimas (Gráfico 6).

Por fim, nos gráficos da espécie *Melipona marginata* é possível observar que tanto as médias máximas futuras (Gráfico 7), quanto as médias mínimas futuras (Gráfico 8), sofreram um aumento notável, quando comparadas as médias atuais. Os meses mais quentes para esta espécie atualmente são janeiro e fevereiro e futuramente permanecem sendo os mais quentes, espera-se que o mês de janeiro tenha máxima de 31,5°C (Gráfico 7) e mínima de 21,44°C (Gráfico 8). Já para o mês de fevereiro é prevista uma máxima de 31,42°C (Gráfico 7) e mínima de 21,49°C (Gráfico 8). Além disso, é possível observar no gráfico que, os meses com maior amplitude entre presente e futuro foram setembro para as médias máximas (Gráfico 7), com um aumento de 4,24°C e abril para as médias mínimas (Gráfico 8), com um aumento de 4,62°C.

Gráfico 1: Box-plot de temperatura máxima nos locais de ocorrência de todas as espécies estudadas de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual. Gráfico 2: Box-plot de temperatura mínima nos locais de ocorrência de todas as espécies estudadas de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.

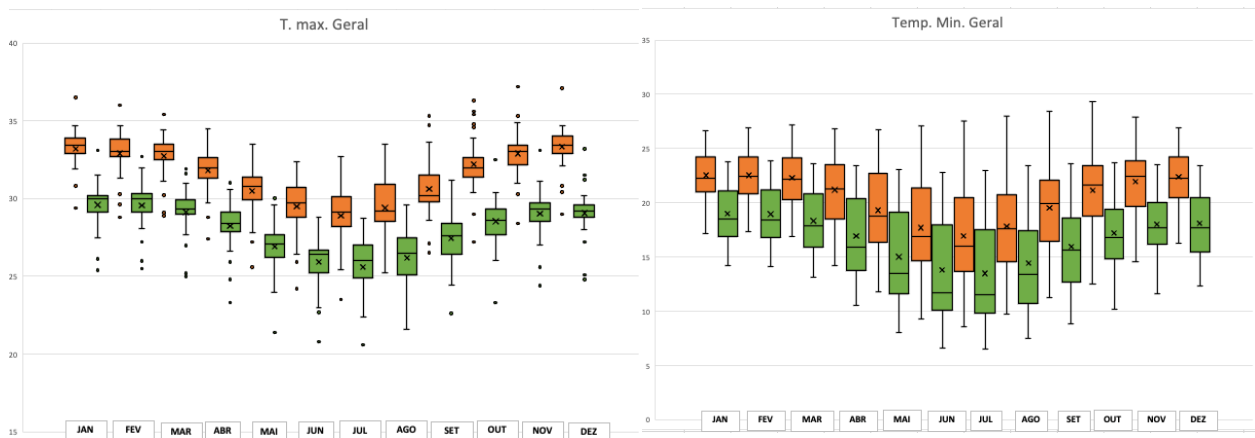


Gráfico 3 Box-plot de temperatura máxima nos locais de ocorrência de *M. scutellaris* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual. Gráfico 4: Box-plot de temperatura mínima nos locais de ocorrência de *M. scutellaris* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.

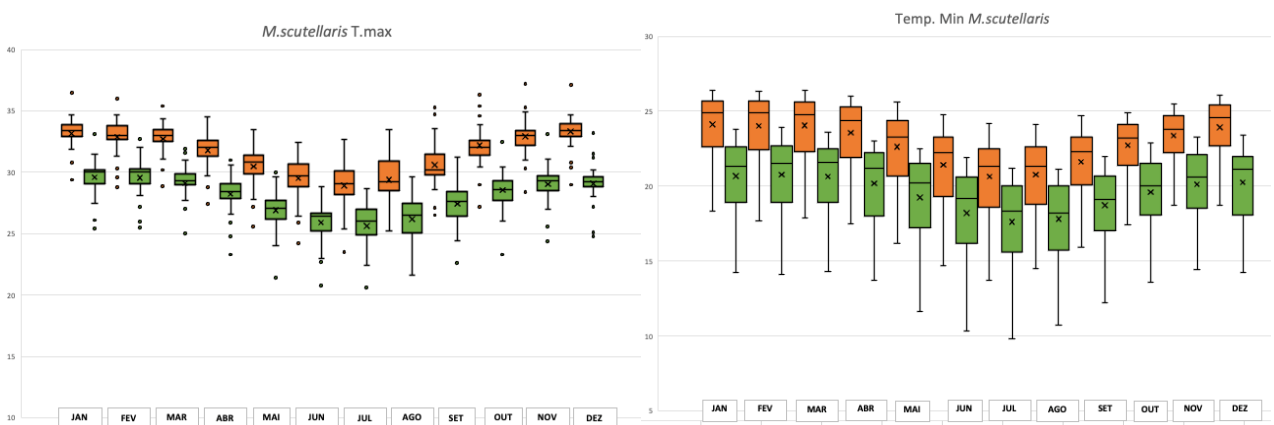


Gráfico 5: Box-plot de temperatura máxima nos locais de ocorrência de *M.rufiventris* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual. Gráfico 6: Box-plot de temperatura mínima nos locais de ocorrência de *M.rufiventris* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.

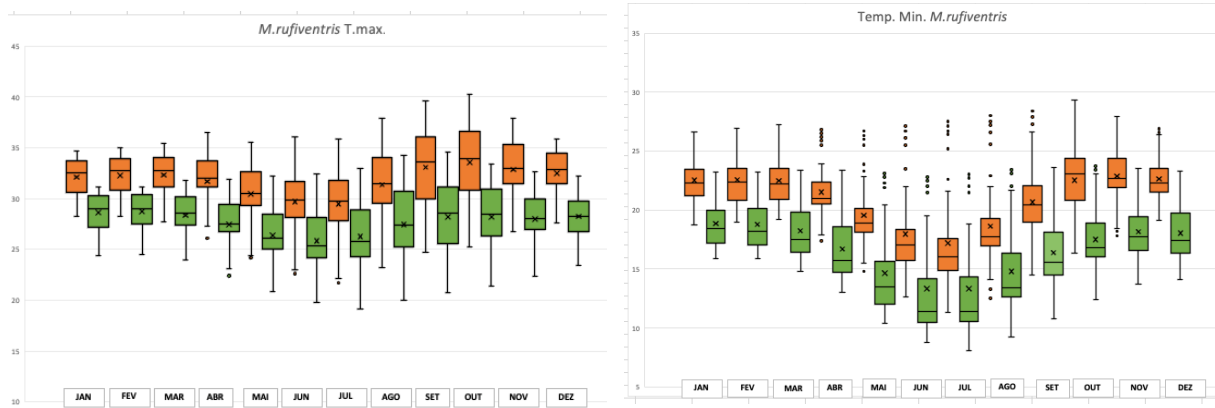
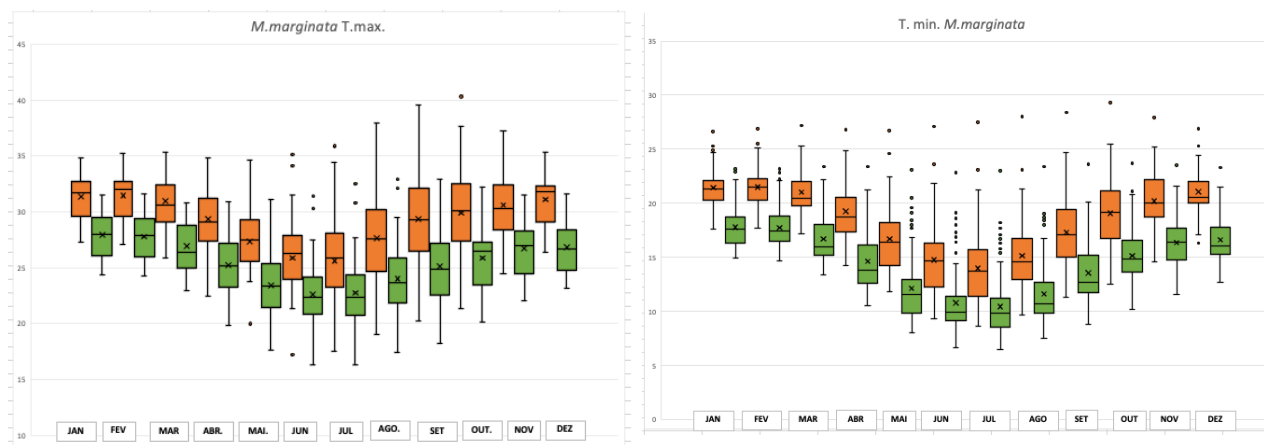


Gráfico 7: Box-plot de temperatura máxima nos locais de ocorrência de *M.marginata* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual. Gráfico 8: Box-plot de temperatura mínima nos locais de ocorrência de *M.marginata* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.



Já nos gráficos de precipitação é possível observar um padrão diferente dos que foram observados nos correspondentes a temperatura. No box-plot de precipitação geral (Gráfico 9) nota-se que houve um aumento nas médias futuras de chuva durante os meses chuvosos, enquanto nos meses mais secos ocorreu uma diminuição nas médias. Percebe-se que tiveram mais meses em que os índices de precipitação subiram, no total foram 7 meses em que as chuvas aumentaram e 5 em que elas diminuíram. Atualmente, o mês de mais abundância de chuvas é janeiro, com 184,89mm, futuramente janeiro deve continuar sendo o mês mais chuvoso, mas agora com uma média de 190,63mm. O mês mais seco é agosto e também permanece o mesmo, com uma média de 57,23mm no presente e 52,96mm no futuro.

Os meses com maior amplitude, isto é, com maior diferença no teor de chuvas atuais e futuras foram fevereiro, com uma diferença de 11,71mm e setembro, com uma diferença de -8,37mm.

No gráfico de *M. rufiventris* (Gráfico 10), não se percebe o mesmo padrão do gráfico geral (Gráfico 9), nota-se que tiveram mais meses em que os índices de precipitação caíram. No total tiveram 7 meses em que os índices de chuva caíram e 5 em que eles subiram. O mês de janeiro é o mês com maior índice de chuvas, com uma média de 249,45mm no presente e de 252,09mm no futuro. Nota-se também, que o mês de agosto apresentou o menor índice pluviométrico, com a média atual de 33,09mm e média futura de 30,34mm. Além disso, observa-se que os meses com maior amplitude entre passado e futuro foram setembro com -13,47mm de diferença e outubro com -13,94mm.

No box-plot de *M. scutellaris* (Gráfico 11) também se nota que tiveram mais meses em que os índices pluviométricos diminuíram. Nos meses com maior amplitude foi detectada uma diminuição nos índices pluviométricos, sendo estes: junho com uma diferença de -38,63mm entre presente e futuro e julho com uma diferença de -28,39. No total foram 7 meses nos quais os índices de chuva diminuíram, contra 5 meses em que eles aumentaram, assim como nos resultados obtidos para *M. rufiventris* (Gráfico 10). Além disso, percebe-se que o mês com maior milimetragem de chuva atualmente é maio com 181,9mm, já no futuro, espera-se que o mês com maior índice pluviométrico seja abril com 184,45mm. O mês mais seco permanece igual no presente e no futuro, sendo este o mês de outubro, com a média atual de 58,18mm e futura de 51,85mm.

Por fim, a espécie *M. marginata* (Gráfico 12), em seu gráfico de precipitação é possível observar que em 10 dos 12 meses do ano ocorreu um aumento nos índices de pluviosidade. O mês com maior índice de precipitação foi janeiro com uma média de 220,42mm atualmente e uma média de 223,56mm prevista para o futuro. Já o mês com menor intensidade de chuvas foi agosto, com uma média atual de 56,92mm e média futura de 55,12mm. Além disso, nota-se que os meses com maior amplitude foram junho, com um aumento de 14,38mm e outubro com um aumento de 15,01mm, estes foram os meses em que o índice de pluviosidade mais aumentou quando comparado a todas as outras espécies.

Gráfico 9: Box-plot de precipitação nos locais de ocorrência de todas as espécies estudadas de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.

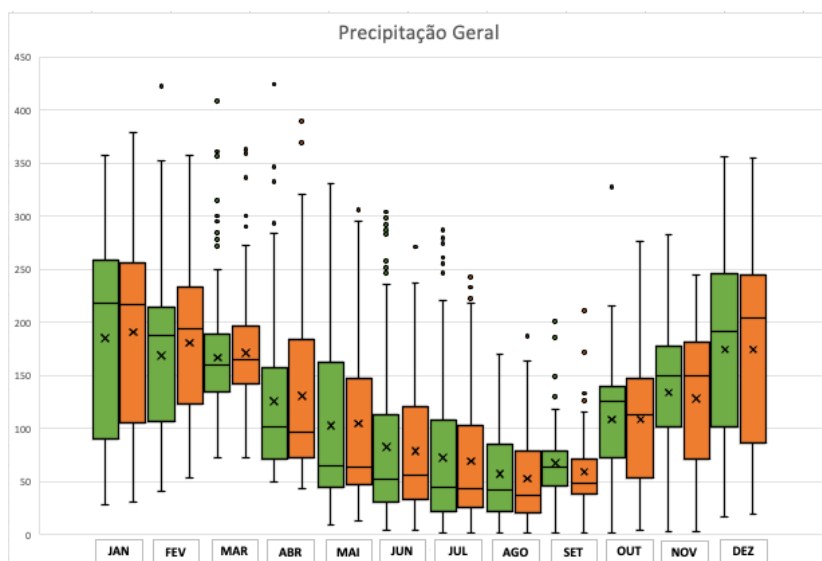


Gráfico 10: Box-plot de precipitação nos locais de ocorrência *M.rufiventris* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.

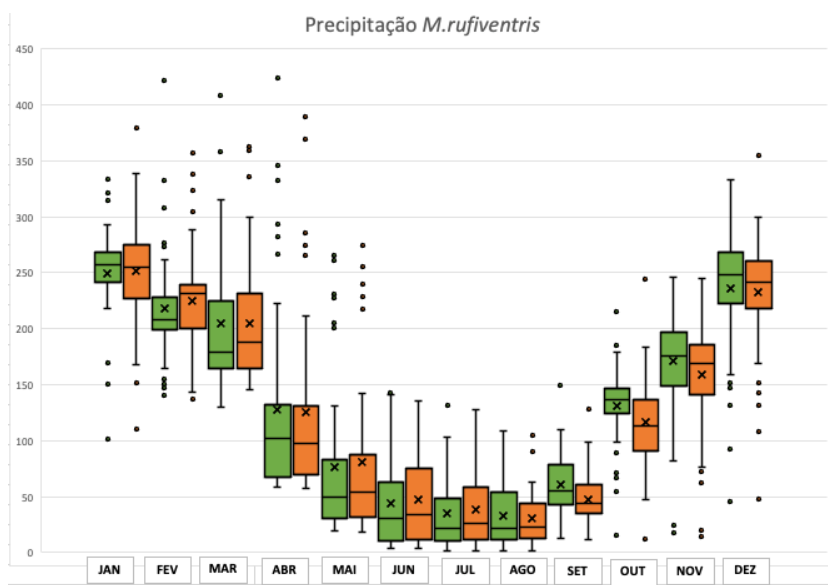


Gráfico 11: Box-plot de precipitação nos locais de ocorrência *M.scutellaris* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.

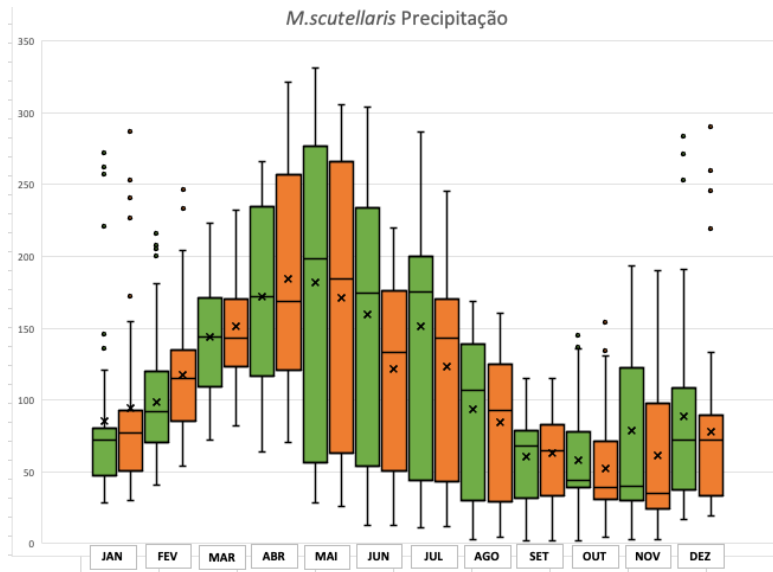
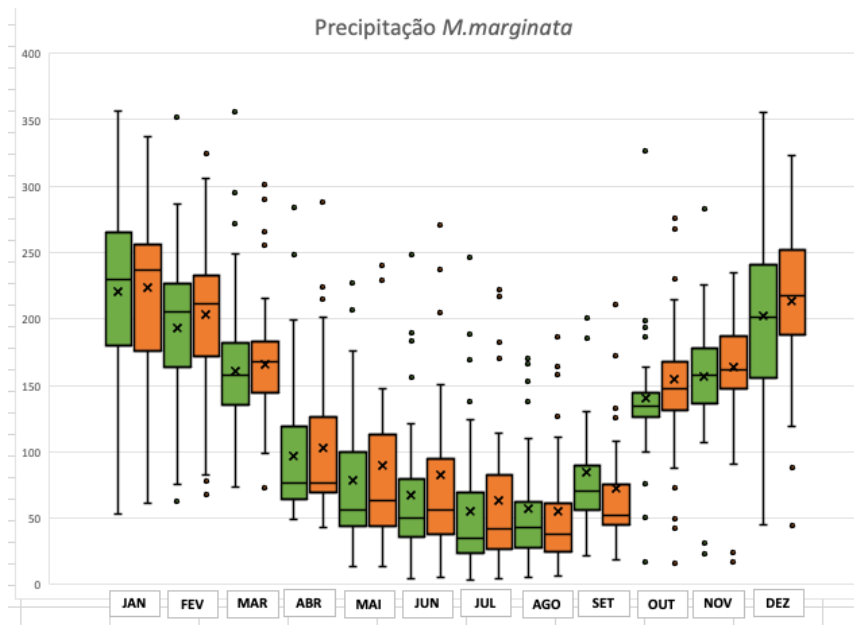


Gráfico 12: Box-plot de precipitação nos locais de ocorrência *M.marginata* de acordo com os meses do ano. Cor laranja representa o modelo climático futuro, e cor verde o modelo climático atual.



4.2 Discussão

Os resultados mostram que nos locais onde existem Meliponas na Mata Atlântica, é esperado que haja um aumento significativo nas temperaturas de todos os meses do ano em decorrência do aquecimento global. As médias esperadas para o futuro evidenciam que

teremos mais dias com temperaturas acima de 25° quando comparado com os dias atuais, o que pode ser prejudicial para a reprodução das Meliponas em geral, tendo em vista que, a temperatura ótima para uma alta taxa de reprodução destas abelhas fica em torno de 25°C (Rodrigues, 2004). Além disso, as temperaturas consideradas ideais para que a maioria das espécies de Meliponas realizem o forrageamento de maneira adequada, sendo este uma atividade que envolve a coleta de pólen, néctar e resinas, está entre 20°C e 25°C (Hilário, 2000) e com as médias esperadas para o futuro, é possível que este forrageamento seja, pelo menos, em parte comprometido, principalmente durante os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro, que apresentam temperaturas mais elevadas.

Outro aspecto que é interessante de ser apontado sobre as Meliponas em geral é que elas costumam manter a temperatura de sua área de cria, isto é, o local onde os ovos são depositados, em uma média que varia de 31 a 31,8°C (Roubik e Peralta, 1983). Futuramente é esperado que durante o verão as médias máximas ultrapassem os 31,8°C, podendo aumentar as temperaturas no interior da colmeia e induzindo as abelhas a diminuir as atividades externas e a iniciar o comportamento de ventilação da colônia (Campos, 2010).

A espécie *Melipona scutellaris*, é uma abelha típica da Mata Atlântica, com ocorrência entre os estados da Bahia ao Rio Grande do Norte (Resende, 2012), por isso é possível observar temperaturas médias mais elevadas em seus gráficos, quando comparado com os das outras espécies. Tais temperaturas podem ser prejudiciais para esta abelha pois, ela sofre influência direta de fatores ambientais, sendo que suas atividades são reduzidas com o aumento da temperatura (Padilha *et al.*, 2017).

Os trabalhos de Padilha *et al.*, 2017 mostram que o fluxo de forrageamento ocorre dentro de uma média de 27°C, enquanto a atividade das operárias ocorre em períodos com temperaturas que variam entre 25°C e 30°C, em temperaturas mais altas ocorre uma redução nas atividades externas de voo. Segundo os dados coletados neste projeto, os meses de setembro a maio apresentam médias máximas maiores de 30°C, o que pode causar impactos negativos as populações de *M. scutellaris*, além de possivelmente diminuir as taxas de polinização das plantas por esta espécie.

Segundo Roldão (2011), a temperatura média das áreas de cria desta espécie varia entre 28,9°C e 30,7°C, enquanto as médias da periferia da colônia variam de 26,2°C a 27,4°C durante o verão. Também foi observado que a temperatura da colônia sofre influência da temperatura ambiente. Sendo assim, futuramente com o grande aumento nas temperaturas durante o verão, pode-se esperar alterações nas atividades externas de *M. scutellaris* (Campos, 2010).

Segundo as pesquisas feitas por Fidalgo e Kleinert (2007), as abelhas pertencentes a espécie *M. rufiventris* possuem uma temperatura ideal para realizar a coleta de pólen e de néctar. Enquanto a temperatura ideal para a coleta de pólen fica entre 18°C e 23°C, a temperatura ideal para a coleta de néctar é um pouco mais alta e fica entre 20°C e 30°C. Além disso, os autores também comentam que os picos de atividade desta espécie normalmente acontecem a uma temperatura de 24°C. Ao observar a tabela desta espécie, na coluna de médias máximas futuras é possível perceber que todos os meses, exceto junho e julho, possuem médias maiores que 30°C, o que pode acabar prejudicando o desempenho de *M. rufiventris* nestas atividades. Esta espécie é responsável pela polinização de espécies nativas da Mata Atlântica como, por exemplo, a *Mimosa caesalpinifolia*, conhecida popularmente como Unha-de-gato e a *Eugenia involucrata*, que popularmente é chamada de Cereja-do-mato.

Já a *Melipona marginata* é uma abelha com ampla distribuição na Mata Atlântica, que se concentra nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GBIF, 2022). Por isso, em seus gráficos é possível observar temperaturas mais baixas quando comparadas as outras abelhas. Essa é uma espécie generalista quanto a obtenção de néctar e pólen (De Carvalho e Martins 2014), por isso poliniza uma grande quantidade de espécies vegetais nativas como, por exemplo, *Psidium cattleianum* (nome popular: Araçá), *Inga vera* (nome popular: Ingá), *Syagrus romanzoffiana* (nome popular: Baba-de-boi), entre outras. (Peliser, 2017)

Para a *M. marginata* foi verificado que o pico de atividade ocorre em uma média de 28°C e a temperatura ideal para a movimentação externa é de 27°C, com temperaturas acima destas, observa-se uma diminuição no movimento e na atividade destas abelhas (Kleinert-Giovannini e Imperatriz-Fonseca, 1986). Segundo os dados obtidos nesta pesquisa, 8 dos 12 meses do ano devem ter médias máximas mais altas que 28°C futuramente, enquanto atualmente nenhum deles tem, o que pode causar um impacto importante nas atividades desta espécie.

Durante o verão e a primavera, as atividades mais intensas de coleta de pólen da *M. marginata* foram registradas a temperaturas que variam de 16°C a 21°C (Von B Borges e Blochtein, 2005). Atualmente, as médias mínimas do verão não ultrapassam dos 17,79°C, porém futuramente é previsto que todas as médias mínimas nesta estação do ano ultrapassem os 21°C, o que pode ser prejudicial para as atividades de polinização desempenhadas por *M. marginata*.

Em relação a precipitação, foi relatado em alguns estudos que em períodos em que ocorrem chuvas contínuas e/ou muito intensas as flores perdem o seu néctar (Lengler *et al.*,

2000) e a quantidade de pólen disponível nas anteras diminui significativamente, por conta da lavagem realizada pela chuva (Pierrot e Schlindwein, 2003), podendo levar a escassez destes recursos na colmeia. Além disso, o tempo de forrageamento e a atividade de voo também são prejudicados pelas precipitações (Almeida *et al.*, 2003). Tendo em vista que a espécie *M. marginata*, teve um aumento nas taxas de precipitação em 10 dos 12 meses do ano, ela pode estar sujeita a sofrer com estas questões.

Já a espécie *M. scutellaris*, foi a que demonstrou maior decréscimo nas taxas de precipitação, tal decréscimo nos padrões de chuva podem acabar influenciando negativamente na umidade relativa do ar, o que pode ser prejudicial para essa espécie tendo em vista que as atividades de coleta de pólen, néctar e água se tornam menos intensas com a diminuição da umidade (Padilha *et al.*, 2017). As pesquisas de Padilha *et al.* (2017), mostraram também que as operárias desta espécie demonstram maior intensidade nas atividades a uma umidade relativa do ar de 75%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível concluir que as populações das espécies *M. scutellaris*, *M. rufiventris*, *M. marginata*, *M. mandacaia* e *M. capixaba* devem sofrer prejuízos com as mudanças no clima esperadas para o futuro. A temperatura se mostrou ser um problema mais relevante que a precipitação, pois esta apresentou um aumento mais acentuado, afetando diretamente as atividades de forrageamento destas abelhas, com destaque para a espécie *M. rufiventris* que foi a que apresentou o maior aumento nas médias futuras.

Com o aumento das temperaturas médias pode-se esperar uma diminuição nas taxas de reprodução, de polinização e na coleta de néctar, o que é prejudicial as abelhas pois, diminui a quantidade de recursos alimentares acumulados pela colônia. Além disso, é prejudicial também ao bioma da Mata Atlântica, pois implica na diminuição da polinização de espécies nativas como: *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Eugenia involucrata*, *Psidium cattleianum*, *Inga vera*, *Syagrus romanzoffiana*, entre outras.

A precipitação apesar de representar um impacto menos significativo, quando ocorre de forma contínua e intensa, também pode prejudicar as atividades de forrageamento e influenciar na diminuição da disponibilidade de recursos, como é o caso da espécie *M. Marginata*, que apresentou um aumento significativo nas precipitações futuras. Porém, quando a precipitação é muito escassa como, por exemplo, no caso de *M. Scutellaris*, também pode acabar prejudicando o forrageamento feito pelas abelhas, pois altera a umidade relativa do ar, deixando-a mais baixa.

6. REFERÊNCIAS

AIZEN, Marcelo A. et al. **Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency**. *Current biology*, v. 18, n. 20, p. 1572-1575, 2008.

ALDRIDGE, George et al. **Emergence of a mid-season period of low floral resources in a montane meadow ecosystem associated with climate change**. *Journal of Ecology*, v. 99, n. 4, p. 905-913, 2011.

Almeida, D.L., Marchini, C., Sodré, G.S., D'Ávila, M. & C.M.F. Arruda. Plantas visitadas por abelhas e polinização. São Paulo, Esalq, 40 p. 2003.

BAMPI, Aline; SCUR, Luciana; SCOPEL, Janete Maria. **Sensibilização ambiental sobre a importância das plantas no jardim botânico de Caxias do Sul**. *SCI. CUM IND*, v. 2, n. 2, p. 77-81, 2014.

BOOTH, Trevor H. **Checking bioclimatic variables that combine temperature and precipitation data before their use in species distribution models**. *Austral Ecology*, v. 47, n. 7, p. 1506-1514, 2022.

CAMPOS, Fleming Sena; GOIS, Glayciane Costa; CARNEIRO, Gilmara Gurjão. **Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. *Pubvet*, v. 4, p. Art. 872-878, 2010.

CEPEA, ESALQ & USP, 2022. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> . Acesso em: 1 abr. 2022.

CRANSTON, P. G. & GULLAN, P. J.; **Insetos Fundamentos da Entomologia**. 5. Ed. Rio de Janeiro: ROCA. P. 1-460. 2017.

DAILY, G. R. **Nature's services: societal dependence on natural ecosystems**. *Environmental Values*, v. 7, n. 3, 1998.

DE CARVALHO¹, Roberta Monique Amâncio; MARTINS, Celso Feitosa. **“É uma abelha sagrada”**: dimensão simbólica da criação de abelhas sem ferrão em comunidades quilombolas da zona da mata sul paraibana. 2014.

FAVATO, A.; ANDRIEN, I. **A importância da polinização por insetos na manutenção dos recursos naturais**. *Acedido em Julho*, v. 15, p. 2532-8, 2009.

FIDALGO, Adriana de Oliveira; KLEINERT, Astrid de Matos Peixoto. Foraging behavior of *Melipona rufiventris* Lepeletier (Apinae; Meliponini) in Ubatuba, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 133-140, 2007.

FRANKE, C. R. et al. **Mata Atlântica e Biodiversidade**. 1. Ed. Salvador: Editora da UFBA, 2005. P. 1-477.

GBIF. **GBIF Home Page**. Disponível em: <https://www.gbif.org> . Acesso em: 1 abr. 2022

GIANNINI, Tereza C. et al. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 244, p. 127-131, 2012.

GIRAO, Luciana Coe et al. **Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic forest landscape**. Plos one, v. 2, n. 9, p. e908, 2007.

HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERTGIOVANNINI, A. **Flight activity and colony strenght in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae)**. Revista Brasileira de Biologia, v. 60, n. 02, p. 299-306, 2000.

HILTY, Jodi; MERENLENDER, Adina. **Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health**. Biological conservation, v. 92, n. 2, p. 185-197, 2000.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia; NUNES-SILVA, Patrícia. **As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro**. Biota Neotropica, v. 10, p. 59-62, 2010.

KERR, Warwick Estevam et al. **Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica**. Parcerias estratégicas, v. 6, n. 12, p. 20-41, 2010.

KERR, Warwick Estevam; ZILSE, Gislene Almeida Carvalho; NASCIMENTO, Vania Alves. **Abelha urucu: biologia, manejo e conservação**. 1996.

KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia. Flight activity and responses to climatic conditions of two subspecies of *Melipona marginata* Lepeletier (Apidae, Meliponinae). **Journal of apicultural research**, v. 25, n. 1, p. 3-8, 1986.

KLUGE, Ricardo Alfredo; TEZOTTO-ULIANA, Jaqueline V.; DA SILVA, Paula PM. **Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese**. Revista virtual de química, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

LEGLER, S.; CHARÃO, L.; KIEFER, C. **Efeito de diferentes fontes protéicas no desenvolvimento intrínseco e produção de mel em colméias de abelhas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. Anais. Florianópolis: CONBRAPI. p. 118-120. 2000.

Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I. 1. ed. Brasília, DF: ICMBio, 2018. p. 1-492

LOPES, Marcio; FERREIRA, João Batista; SANTOS, G. dos. **Abelhas sem-ferrão: a biodiversidade invisível**. Agriculturas, v. 2, n. 4, p. 1-3, 2005.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. Hymenoptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R.

(Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 553-612.

MICHENER, Charles Duncan; MICHENER, Charles D. **The social behavior of the bees: a comparative study**. Harvard University Press, 1974.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2021. **Todos nós dependemos da Sobrevivência das Abelhas**. Disponível em: <https://www.fao.org/sao-tome-e-principe/noticias/detail-events/pt/c/1402388/>.

PADILHA, Valdir José Costa et al. **Diagnóstico de modelos criação e comportamento de forrageamento de *Melipona scutellaris* e *M. quadrifasciata* em área de Mata Atlântica de Sergipe, nordeste do Brasil**. 2017.

PANMAO ZHAI et al. **Aquecimento Global de 1,5°C**: relatório especial do painel intergovernamental sobre mudanças climáticas (ipcc) sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e respectivas trajetórias de emissão de gases de efeito estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança do clima, do desenvolvimento sustentável e dos esforços para erradicar a pobreza. 6. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. 27 p. Tradução de: Mariane Arantes Rocha de Oliveira. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2022.

PELISER, Lucas Moresco et al. Estudo de Polinização e Caracterização do Mel de Espécies de Meliponinae na Região do Alto Uruguay Gaúcho. **Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica**, v. 1, n. 7, 2017.

PIERROT, L. M.; SCHLINDWEIN, C. **Variation in daily flight activity and foraging patterns in colonies of urucu *Melipona scutellaris* Latreille (Apidae, Meliponini)**. Revista Brasileira de Zoologia, v. 20, n. 04, p. 565-571, 2003.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

URL <https://www.R-project.org/>. 2022.

RESENDE, Helder Canto. **Filogeografia e conservação de *Melipona capixaba* Moure e Camargo, 1994 e *Melipona scutellaris* Latreille, 1811, e biogeografia do gênero *Melipona* Illiger, 1806 (Hymenoptera: Apidae)**. 2012.

RIBEIRO, Milton Cezar et al. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**, p. 405-434, 2011.

RICKETTS, Taylor H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. **Ecology letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

RODRIGUES, W. C. **Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos**. Info Insetos, v. 1, n. 4, p. 1-4, 2004.

ROLDÃO, Yara Sbrolin. **Termorregulação colonial e a influência da temperatura no desenvolvimento da cria em abelhas sem ferrão, *Melipona scutellaris* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.

ROUBIK, David W. **Loose niches in tropical communities: why are there so few bees and so many trees**. Effects of Resource Distribution on Plant-Animal Interactions, p. 327-354, 1992.

ROUBIK, D. W. & PERALTA, F. J. A. **Thermodynamics in nests of two *Melipona* species in Brazil**. ACTA Amazônica. 13(2): 453-466. 1983.

SANTOS, Aline B. **Abelhas nativas: polinizadores em declínio**. Natureza on line, v. 8, n. 3, p. 103-106, 2010.

SILVA, Wagner Pereira; PAZ, J. R. L. **Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica**. Natureza on line, v. 10, n. 3, p. 146-152, 2012.

SILVEIRA, Fernando A.; MELO, Gabriel AR; ALMEIDA, Eduardo AB. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. 2002.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **"Biometry: the principles and practice of statistics in biological research"**. New York Freeman. 3ª Edição. 1995

TABARELLI, Marcelo et al. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira**. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

TONG, Zhou et al. **A survey of multiple pesticide residues in pollen and beebread collected in China**. Science of the Total Environment, v. 640, p. 1578-1586, 2018.

TRYJANOWSKI, Piotr et al. **Does climate influence phenological trends in social wasps (Hymenoptera: Vespinae) in Poland**. European Journal of Entomology, v. 107, n. 2, p. 203-208, 2010.

VELTHUIS, H. H.W. **Biologia das abelhas sem ferrão**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo e Holanda: Editora da Universidade de Utrecht, 1997. 33 p

VILA-VERDE, Gabriel; DOS SANTOS, Cíntia Ribeiro; BOMFIM, Grecilane Santos. **Insetos (Insecta: Hymenoptera, Lepidoptera e Odonata) e as mudanças climáticas**. Terrae Didática, v. 17, p. e021054-e021054, 2021.

VON B BORGES, Francine; BLOCHTEIN, Betina. Atividades externas de *Melipona marginata obscurior* Moure (Hymenoptera, Apidae), em distintas épocas do ano, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 680-686, 2005.

WORLD CLIM. **Historical Monthly Weather Data**. Disponível em:

<https://www.worldclim.org/>. Acesso em: 10 jun. 2023.

WORLD CLIM. **Future Climate Data**. Disponível em: <https://www.worldclim.org/>.

Acesso em: 10 jun. 2023.

Contatos: Julia Bastos Radtke jbastosradtke@gmail.com e Leandro Tavares Azevedo Vieira leandro.vieira@mackenzie.br