



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INTERDISCIPLINAR EM ENERGIA E
SUSTENTABILIDADE**

**INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DA COLMEIA SOBRE A QUALIDADE DO
MEL: DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES E ANTIOXIDANTES**

CRISTIAN ACKER GODOY

Foz do Iguaçu
2025



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
INTERDISCIPLINAR EM ENERGIA E
SUSTENTABILIDADE**

**INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DA COLMEIA SOBRE A QUALIDADE DO
MEL: DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES E ANTIOXIDANTES**

CRISTIAN ACKER GODOY

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade do Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.

Área de concentração: Tecnologias e Processos Sustentáveis

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Marcela Boroski

Foz do Iguaçu
2025

INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DA COLMEIA SOBRE A QUALIDADE DO MEL: DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES E ANTIOXIDANTES

Catálogo elaborado pelo Setor de Tratamento da Informação
Catálogo de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - CENTRAL

G589i

Godoy, Cristian Acker.

Influência da localização da colmeia sobre a qualidade do mel: determinação de açúcares e antioxidantes /
Cristian Acker Godoy. - Foz do Iguaçu, 2025.
75 fls.: il.

Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Instituto Latino-Americano de Tecnologia,
Infraestrutura e Território, Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade.
Orientadora: Marcela Boroski.


1. Abelhas - Criação. 2. Biodiversidade - Mata Atlântica. 3. Ciências ambientais. I. Boroski, Marcela. II.
Título.

CDU 638.1


INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DA COLMEIA SOBRE A QUALIDADE DO MEL: DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES E ANTIOXIDANTES

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade do Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Energia e Sustentabilidade.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARCELA BOROSKI**
Data: 19/03/2025 08:30:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora: Profa. Dra. Marcela Boroski
PPGIES/UNILA

Documento assinado digitalmente
 **SIMONE CRISTINA CAMARGO**
Data: 19/03/2025 10:03:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Simone Cristina Camargo
UNILA

Documento assinado digitalmente
 **MILENE OLIVEIRA PEREIRA**
Data: 19/03/2025 09:40:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Milene Oliveira Pereira
UTFPR - Dois Vizinhos

Foz do Iguaçu, 20 de fevereiro de 2025.

GODOY, Cristian. Influência da Localização da Colmeia Sobre a Qualidade do Mel: Determinação de Açúcares e Antioxidantes. 20 de fevereiro de 2025. 75 folhas. Dissertação (Mestrado em Energia e Sustentabilidade) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu.

RESUMO

O oeste do Paraná é uma região predominantemente agrícola, com as duas paisagens mais presentes sendo campos de cultivo intensivo, e pequenas áreas remanescentes de Mata-Atlântica. A escolha do local a se instalar um apiário, leva em consideração, fatores como disponibilidade de recursos aos polinizadores e facilidade de acesso. Observa-se porém, que para uma região de agricultura intensiva, não é dada a devida atenção à proteção das colmeias em relação às lavouras. Para avaliar a influência da localização do apiário na composição do mel, visando observar os efeitos de uma barreira vegetal sobre as características do mel, estabeleceu-se uma pesquisa interdisciplinar focando em Tecnologias e Processos Sustentáveis para avaliar amostras de mel provenientes de apiários localizados dentro da mata, com barreira vegetal com raio superior a 100 metros para proteger os exames, e amostras provenientes de apiários fora da mata, sem essa proteção. As amostras foram coletadas de um total de 50 colmeias nas três estações de safra no ano de 2024. O número de amostras em cada coleta variou de acordo com a produção de cada colmeia, chegando a 45 amostras na 3ª coleta. Foram procedidas análises para determinação de compostos bioativos, capacidade antioxidante e sacarídeos nos méis. Como resultados, pôde-se observar diferenças nas análises entre os méis de apiários dentro e fora da mata, mas a diferença mais pronunciada foi entre as coletas, observando-se maiores valores de compostos bioativos nos méis coletados no mês de maio, com destaque para flavonóides nos apiário dentro da mata. Em relação às faixas de concentrações de sacarídeos nos méis, observou-se que em dois apiários de uma microrregião específica, os méis tiveram maiores concentrações de sacarose no verão e outono. Em outra microrregião, observou-se que na segunda coleta do apiário dentro da mata, todas as amostras de méis apresentaram concentração de glicose superior a concentração de frutose, expondo que a identidade de cada mel está atrelada ao apiário de origem, devido a floradas predominantes de cada raio apícola. Os méis produzidos na primavera tiveram maior homogeneidade entre os apiários, maiores teores de sacarose e refinose, além de maior proporção de frutose frente à glicose. Este trabalho está alinhado a dois Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2-Fome zero e agricultura sustentável e 12-Consumo e produção responsáveis. Os resultados obtidos contribuem de forma significativa para com a sociedade e o meio ambiente, promovendo a valorização da heterogeneidade ambiental e realçando a importância da mesma para com a qualidade dos mel, promovendo assim a valorização de práticas apícolas sustentáveis. Enfim, este trabalho tem a responsabilidade social de promover desenvolvimento de comunidades e apicultores, para a produção de alimentos saudáveis com respeito à natureza.

PALAVRAS-CHAVE: Abelhas - Criação, Biodiversidade - Mata Atlântica, Ciências Ambientais.

ABSTRACT

Western Paraná is a predominantly agricultural region, with the two most common landscapes being intensively cultivated fields and small remaining areas of the Atlantic Forest. The selection of sites for apiary installation generally considers factors such as the availability of resources for pollinators and ease of access. However, in regions of intensive agriculture, insufficient attention is often given to protecting beehives from nearby crops. In order to evaluate the influence of the location of the apiary on the composition of honey, aiming to observe the effects of a plant barrier on the characteristics of honey, an interdisciplinary research was established focusing on Sustainable Technologies and Processes to evaluate honey samples from apiaries located within the forest, with a plant barrier with a radius greater than 100 meters to protect the tests, and samples from apiaries outside the forest, without this protection. Samples were obtained from a total of 50 hives across the three harvesting seasons of 2024. The number of samples varied according to hive productivity, reaching up to 45 samples in the third collection. Analyses were carried out to determine bioactive compounds, antioxidant capacity and saccharides in the honeys. As a result, differences were observed in the analyses between the honeys from apiaries inside and outside the forest, but the most pronounced difference was between the collections, observing higher values of bioactive compounds in the honeys collected in May, with emphasis on flavonoids in the apiaries inside the forest. Regarding the ranges of saccharide concentrations in the honeys, it was observed that in two apiaries in a specific microregion, the honeys had higher concentrations of sucrose in the summer and autumn. In another microregion, it was observed that in the second collection from the apiary inside the forest, all honey samples presented glucose concentrations higher than fructose concentrations, exposing that the identity of each honey is linked to the apiary of origin, due to the predominant flowering of each beekeeping ray. Honeys produced in spring were more homogeneous across apiaries, with higher sucrose and raffinose contents, and a higher proportion of fructose relative to glucose. This study aligns with two Sustainable Development Goals, 2-Zero Hunger and Sustainable Agriculture and 12-Responsible Consumption and Production. The findings significantly contribute to society and environmental preservation by emphasizing the value of environmental heterogeneity and its impact on honey quality, thereby promoting the appreciation of sustainable beekeeping practices. Ultimately, this work fulfills a social responsibility by fostering the development of rural communities and beekeepers, encouraging the production of healthy foods in harmony with nature.

KEYWORDS: Bees - Breeding, Biodiversity - Atlantic Forest, Environmental Sciences.

RESUMEN

El oeste de Paraná es una región predominantemente agrícola, donde los dos paisajes más comunes son los campos de cultivo intensivo y las pequeñas áreas remanentes de Mata Atlántica. La elección de la ubicación para instalar un apiario tiene en cuenta factores como la disponibilidad de recursos para los polinizadores y la facilidad de acceso. Se observa, sin embargo, que para una región de agricultura intensiva, no se presta la debida atención a la protección de las colmenas en relación con los cultivos. Para evaluar la influencia de la ubicación del apiario en la composición de la miel, con el objetivo de observar los efectos de una barrera vegetal en las características de la miel, se estableció una investigación interdisciplinaria con foco en Tecnologías y Procesos Sostenibles para evaluar muestras de miel de apiarios ubicados dentro del bosque, con una barrera vegetal de radio mayor a 100 metros para proteger los exámenes, y muestras de apiarios fuera del bosque, sin esta protección. Las muestras fueron recolectadas de un total de 50 colmenas en las tres temporadas de cosecha del año 2024. El número de muestras en cada recolección varió según la producción de cada colmena, llegando a 45 muestras en la 3ª recolección. Se realizaron análisis para determinar compuestos bioactivos, capacidad antioxidante y sacáridos en la miel. Como resultado, se observaron diferencias en los análisis entre las mieles de apiarios dentro y fuera del bosque, pero la diferencia más pronunciada fue entre las colectas, observándose mayores valores de compuestos bioactivos en las mieles colectadas en mayo, con énfasis en los flavonoides en los apiarios dentro del bosque. Respecto a los rangos de concentraciones de sacáridos en la miel, se observó que en dos apiarios de una microrregión específica, las mieles presentaron mayores concentraciones de sacarosa en verano y otoño. En otra microrregión, se observó que en la segunda colecta del apiario al interior del bosque, todas las muestras de miel presentaron una concentración de glucosa mayor que la de fructosa, exponiendo que la identidad de cada miel está ligada al apiario de origen, debido a la floración predominante de cada rayo apícola. Las mieles producidas en primavera presentaron mayor homogeneidad entre los colmenares, mayores contenidos de sacarosa y rafinosa, así como una mayor proporción de fructosa respecto a la glucosa. Este trabajo está alineado con dos Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2-Hambre Cero y Agricultura Sostenible y 12-Consumo y Producción Responsables. Los resultados obtenidos contribuyen significativamente a la sociedad y al medio ambiente, promoviendo la valorización de la heterogeneidad ambiental y destacando su importancia para la calidad de la miel, promoviendo así la valorización de prácticas apícolas sostenibles. En definitiva, este trabajo tiene la responsabilidad social de promover el desarrollo de las comunidades y de los apicultores, para la producción de alimentos sanos y respetuosos con la naturaleza.

PALABRAS CLAVE: Abejas - Cría, Biodiversidad - Mata Atlántica, Ciencias Ambientales.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - PAISAGEM CIRCUNDANTE E SEUS EFEITOS ÀS ABELHAS:	
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	10
RESUMO	10
1.1 INTRODUÇÃO	11
1.2 METODOLOGIA	12
1.2.1 Objetivos de Investigação	12
1.2.2 Métodos para Pesquisa de Literatura	12
1.2.3 Critérios Específicos	12
1.3 RESULTADOS RELATADOS E DISCUSSÃO	13
1.3.1 Publicações	13
1.3.2 Paisagem no entorno dos apiários	16
1.3.3 Polinização	18
1.3.4 Mel	21
1.3.5 Pólen	22
1.3.6 Saúde da Colmeia	23
1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DE APIÁRIOS E EFEITOS DA BARREIRA VEGETAL SOBRE A COMPOSIÇÃO DE MÉIS PRODUZIDOS EM UMA REGIÃO DE AGRICULTURA INTENSIVA	38
RESUMO	38
2.1 INTRODUÇÃO	39
2.2 METODOLOGIA	41
2.2.1 Área de estudo	41
2.2.1.1 Paisagem e Acesso	41
2.2.1.2 Georreferenciamento, Composição dos Raios Apícolas e Áreas de Forrageio	45
2.2.2 Coleta das amostras	49
2.2.3 Análises	49
2.2.3.1 Preparo de amostra para a análise de antioxidantes	49
2.2.3.2 Compostos Fenólicos	49
2.2.3.3 Flavonóides	50
2.2.3.4 Potencial antioxidante utilizando DPPH	50
2.2.3.5 Atividade antioxidante utilizando ABTS	50

2.2.3.6 Poder de redução utilizando FRAP	50
2.2.3.7 Açúcares	51
2.2.4 Tratamento de Dados	51
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	72

CAPÍTULO 1

PAISAGEM CIRCUNDANTE E SEUS EFEITOS ÀS ABELHAS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

RESUMO

O local a ser instalado um apiário, bem como a paisagem dentro do domínio de forrageio da abelha, é um fator relevante para os diversos parâmetros relacionados à colmeia. A abundância floral para forrageamento das abelhas, a presença de agentes estressores à colmeia e a exposição aos defensivos agrícolas que podem causar mortalidade e anomalias fisiológicas, são alguns dos critérios que devem receber atenção quando se avalia a paisagem circundante as colmeias. Essas paisagens não apenas providenciam condições adequadas para a *Apis mellifera*, mas para todos os polinizadores e conseqüentemente para as cadeias de polinização e produtos apícolas. Pretendeu-se com esta revisão sistemática da literatura, observar os resultados encontrados na temática de intersecção entre mel e paisagem, correlacionando a localização da colmeia com as características do enxame, características dos produtos e diversidade dos ambientes. Em relação a características do mel, resultado almejado, percebeu-se uma explícita lacuna nesta linha de pesquisa, considerando que na base de dados “web of science” raras foram as referências que estudaram tais características na intersecção destas palavras-chave.

PALAVRAS-CHAVE: Apicultura, Polinização, Diversidade, Flora, Forrageamento.

1.1 INTRODUÇÃO

Na evolução da sociedade, com avanços na tecnologia e o surgimento de demandas mais acirradas, a biodiversidade em crise e extinções em massa têm sido observadas. A apicultura promove visões cada vez mais híbridas de paisagens socioecológicas, tendendo a influenciar o aumento da conscientização sobre as abelhas e o meio ambiente em geral (DIDONATO; GAREAU, 2022). A expansão da agricultura intensiva, com carácter industrial, pode ameaçar a apicultura e a produção de mel, se exercida sem atenção a estressores do ecossistema (GROOT et al., 2021). Se esses estressores fossem geridos com maior cautela, as lavouras de monocultura poderiam, além de suas flores, fornecer uma gama de forrageio, como ervas daninhas (QUINLAN et al., 2021a).

Externa as áreas de cultivo, a cobertura natural diversa provê fontes de forrageio para os polinizadores, e pode ser considerada refúgio para as abelhas, ante a exposição de pesticidas (DIXON et al., 2021). Além das ervas diversas contidas nos campos de cultivo, e das áreas de cobertura natural, uma alternativa para forrageamento dos polinizadores são as faixas circundantes às culturas agrícolas. Estas faixas, se manejadas com diversidade de plantas de floração tardia, que tem seus períodos de floração em épocas diferentes das demais culturas, podem melhorar as condições para as abelhas (KALLIONIEMI et al., 2017).

Tratando-se do intuito de produção de mel, os principais fatores responsáveis pelo êxito são a abundância de flores, a existência de faixas de vegetação natural e a baixa exposição a pesticidas (ASENSIO et al., 2016). Áreas menos antropizadas são benéficas não apenas por servir de barreira de contenção de defensivos agrícolas, mas também por dispor de maior acesso a microbiota benéfica às abelhas (GORROCHATEGUI-ORTEGA et al., 2022).

Porém a apicultura não é apenas produção de mel, é toda a cadeia de polinização e manutenção do bioma. O bom gerenciamento dos serviços apícolas vai além do manejo apícola e documentações sobre o declínio de populações, é necessário realizar estudos para identificar soluções que possam reduzir as doenças e melhorar a saúde das abelhas (GIACOMINI et al., 2018).

A fim de explanar as pesquisas sobre a influência da paisagem no mel e abelhas, é crucial realizar uma revisão sistemática da literatura para observar o que tem sido estudado e quais as lacunas deste horizonte.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Objetivos de Investigação

Para abordar todo o conhecimento já obtido na relação entre influência da paisagem em que apiários estão inseridos e a qualidade do mel, realizou-se uma revisão sistemática da literatura (RSL), para estabelecer uma relação entre a localização da colmeia, as características do enxame, as características dos produtos e a diversidade ambiental.

1.2.2 Métodos para Pesquisa de Literatura

A pesquisa bibliográfica deu-se através da base “Web of Science - Coleção Principal (Clarivate Analytics)” edições: Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) 1945-2023; Conference Proceedings Citation Index - Science (CPCI-S) 1990-2023; Emerging Sources Citation Index (ESCI) 2018-2023. Utilizando como palavras-chave, os tópicos de “landscape” e “honey”. A busca foi realizada no mês de novembro de 2023, com limitação de data entre 2013 e 2023; microtópicos de citação 3.32.750 *Apis mellifera*; Tipos de documento: Artigo; Categorias da Web of Science: “Multidisciplinary Sciences; Agriculture Multidisciplinary; Food Science Technology”.

1.2.3 Critérios Específicos

Reuniu-se nesta revisão, artigos que concentravam-se na polinização de diversas culturas, na diversidade de fauna polinizadora e diversidade de flora de forrageio, na abordagem da presença e interferência de agrotóxicos em colmeias, na saúde das abelhas e demais assuntos relacionados com paisagem e mel. Não houve exclusão de nenhum artigo exposto após a classificação dos filtros e escolha das palavras-chave. Observou-se que dentre os 148 artigos retornados na pesquisa, 16 deles não realizaram estudos acerca de nenhuma espécie do gênero *Apis*, conhecidas mundialmente como abelhas do mel, mas sendo ainda com espécies importantes no quesito de polinização.

Considerando-se não ser utilizado filtro de idioma, a pesquisa retornou apenas dois artigos em idioma distinto do inglês, estes foram produzidos na europa e publicados em alemão. De mesmo modo, sem especificar o formato de artigo requerido, apenas dois artigos

apresentam somente revisão bibliográfica, enquanto outros 10 artigos expuseram apenas a apresentação e interpretação de dados disponíveis publicamente.

Foram observados outros temas nos artigos encontrados: 12 artigos sobre o rendimento na produção de mel, 27 sobre características de pólen, 52 sobre polinização e 69 sobre polinizadores distintos a *Apis*, sendo observado em alguns artigos, a sobreposição de temas.

1.3 RESULTADOS RELATADOS E DISCUSSÃO

No período de 10 anos decorrido de 2013 a 2023, utilizando como palavras-chave: “landscape” e “honey”, encontrou-se um total de 920 artigos. Ao inserir o filtro de ‘microtópicos de citação: 3.32.750 *Apis mellifera*’, a busca reduziu a resposta para 655 artigos. Restringindo a busca com os filtros de ‘Tipos de documentos: Artigo’ e ‘Categorias da Web of Science: “Multidisciplinary Sciences or Agriculture Multidisciplinary or Food Science TechnologyI”’, foram listados 148 artigos.

1.3.1 Publicações

Considerando-se que um dos objetivos almejados com esta revisão foi a discriminação dos produtos apícolas em justaposição com a paisagem em que a colmeia está situada, considera-se que houve uma defasagem neste escopo, atendo-se ao fato de que apenas 5% do material bibliográfico revisado realizou pesquisas com mel, os demais pesquisaram polinizadores, polinização e outros produtos apícolas. De modo que nos artigos que investigaram mel, nenhum analisou mais do que um grupo de propriedades do produto, sejam elas físico-químicas ou biológicas, e nenhum avaliou a composição fenólica do mel. A presença de agroquímicos no mel foi o mais explanado (MEIKLE et al., 2020; LAMBERT et al., 2013; GRAHAM et al., 2022), mas ainda com uma abordagem não muito aprofundada.

Observa-se na Figura 1.1, a distribuição dos temas abordados nos artigos, com as barras verticais representando o número real de artigos que abordaram o tema, e acima é exposto o percentual em que o tema foi abordado. Muitos trabalhos analisaram mais de um parâmetro, onde o mais consorciado foi a abordagem de polinização e diversidade de polinizadores, com 30 trabalhos.

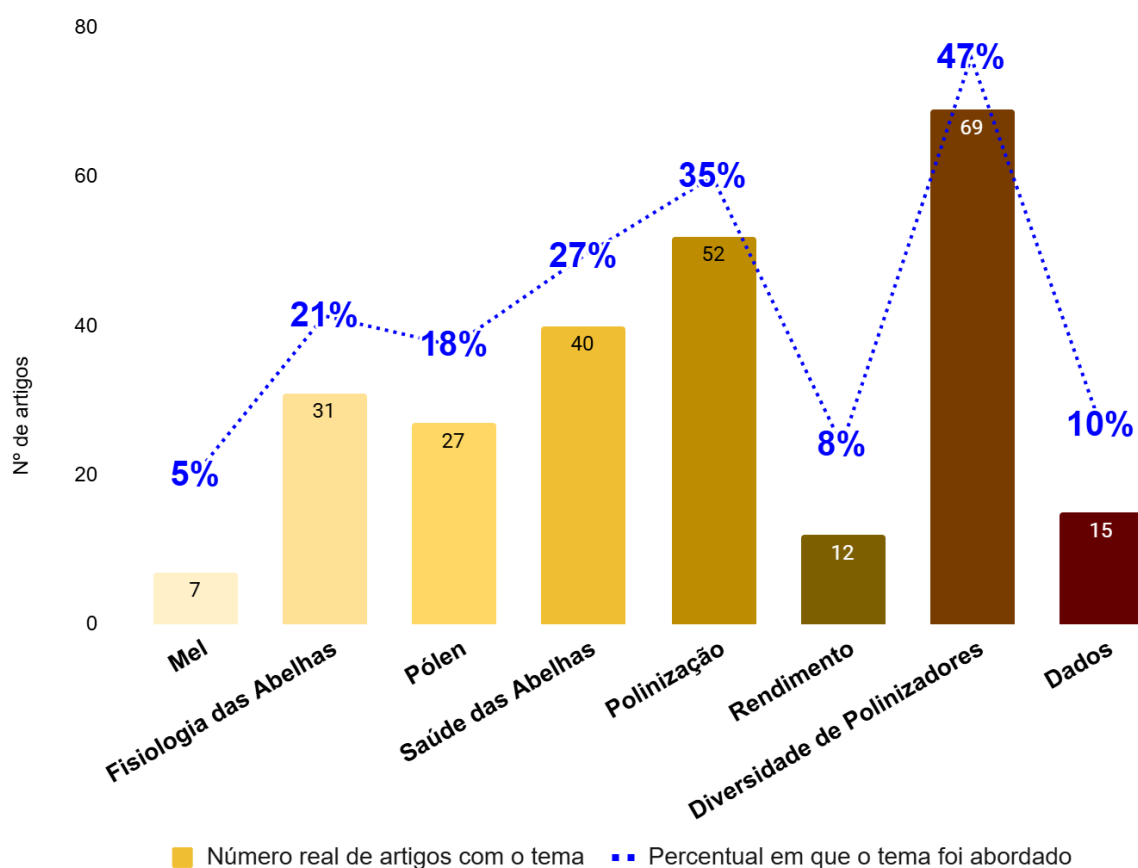


Figura 1.1: Temas abordados nos artigos revisados.
Observação: Muitos artigos tinham sobreposição de temas

Teores de lipídeos ou proteínas, a presença de vírus, parasitas ou agroquímicos no corpo das abelhas, além de estudos sobre a microbiota intestinal ou estrutura e características genéticas da abelhas, compõem o tema de fisiologia das abelhas. Este tema foi estudado em 21% do material revisado, sendo que 16 artigos analisaram a presença de parasitas ou vírus nas abelhas, 11 artigos determinaram a contaminação do corpo das abelhas com pesticidas e os demais analisaram a fisiologia não relacionada a contaminantes.

Em relação às características da colmeia, pesquisas com esta temática apresentaram uma boa representatividade, de modo que 27% dos artigos observados realizaram pesquisas sobre saúde das abelhas. Outro aspecto importante sobre as características da colmeia, é o rendimento da mesma. Dentre os artigos observados, 8% realizaram abordagens a esse tema, seja no teor de monitoramento de desenvolvimento da colônia (COLIN et al., 2018), acúmulo de reservas alimentares (SPONSLER E JOHNSON, 2015) ou sucesso de forrageamento (MEIKLE et al., 2018; MCMINN-SAUDER et al., 2022).

O escopo mais alcançado com a pesquisa realizada, foi acerca da diversidade em relação aos polinizadores, sendo essa questão, abordada em 47% dos artigos encontrados. Observou-se diversos trabalhos discorrendo entre diversidade de polinizadores devido a heterogeneidade da paisagem (MOREIRA et al., 2015), exposição a agrotóxicos (BOTINA et al., 2020; BRÜHL et al., 2021; ROBINSON et al., 2017) e polinização de culturas agrícolas (OSTERMAN et al., 2021; NAYAK et al., 2015; WU et al., 2021; SCILIGO et al., 2022).

Das referências retornadas pela busca, 35% observaram a interferência da paisagem sobre a polinização, e 18% avaliaram a qualidade do pólen. O acesso de abelhas melíferas a lavouras de *cranberry* apresentou efeito positivo na polinização, mas esse efeito é mitigado em paisagens de florestas altas (GAINES-DAY; GRATTON, 2016). De acordo com Raderschall et al. (2021), o aumento de habitats seminaturais beneficia o rendimento da cultura agrícola e a conservação dos polinizadores. Indiferente à espécie que é cultivada na lavoura próxima a colmeias, há um efeito interativo da paisagem circundante com as abelhas (GUZMAN et al., 2019b).

Em relação ao pólen, a localização em que a colmeia está inserida, interfere diretamente sobre os tipos de pólen coletados (GUZMAN et al., 2019.a), e o teor de proteínas no pólen é mais constante no forrageio de flores silvestres (QUINLAN et al., 2021b). Além disso, em colônias de habitats naturais, a postura da rainha é mais expressiva do que em colmeias de áreas exclusivamente agrícolas (ST. CLAIR et al., 2022). Assim como os habitats silvestres apresentam seus benefícios às abelhas, pólenes de espécies cultivadas com fins agrícolas também podem apresentar benefícios às colmeias. De acordo com Giacomini et al. (2018), o pólen do girassol (*Helianthus annuus* L.), uma planta nativa do México, mas com exploração agrícola em todo o mundo, apresenta benefícios contra patógenos presentes em abelhas.

Outra observação relevante é a distribuição de trabalhos publicados no decorrer dos anos que foram utilizados para essa revisão. Na Figura 1.2 tem-se esta distribuição, onde se observa que os anos de 2019 e 2021 foram os mais fartos nesse escopo, com 20 publicações cada. Em contraposição, encontra-se o ano de 2023, em que até o mês de novembro, quando houve a finalização desta revisão, apenas dois artigos haviam sido publicados na base de dados da “web of science”.

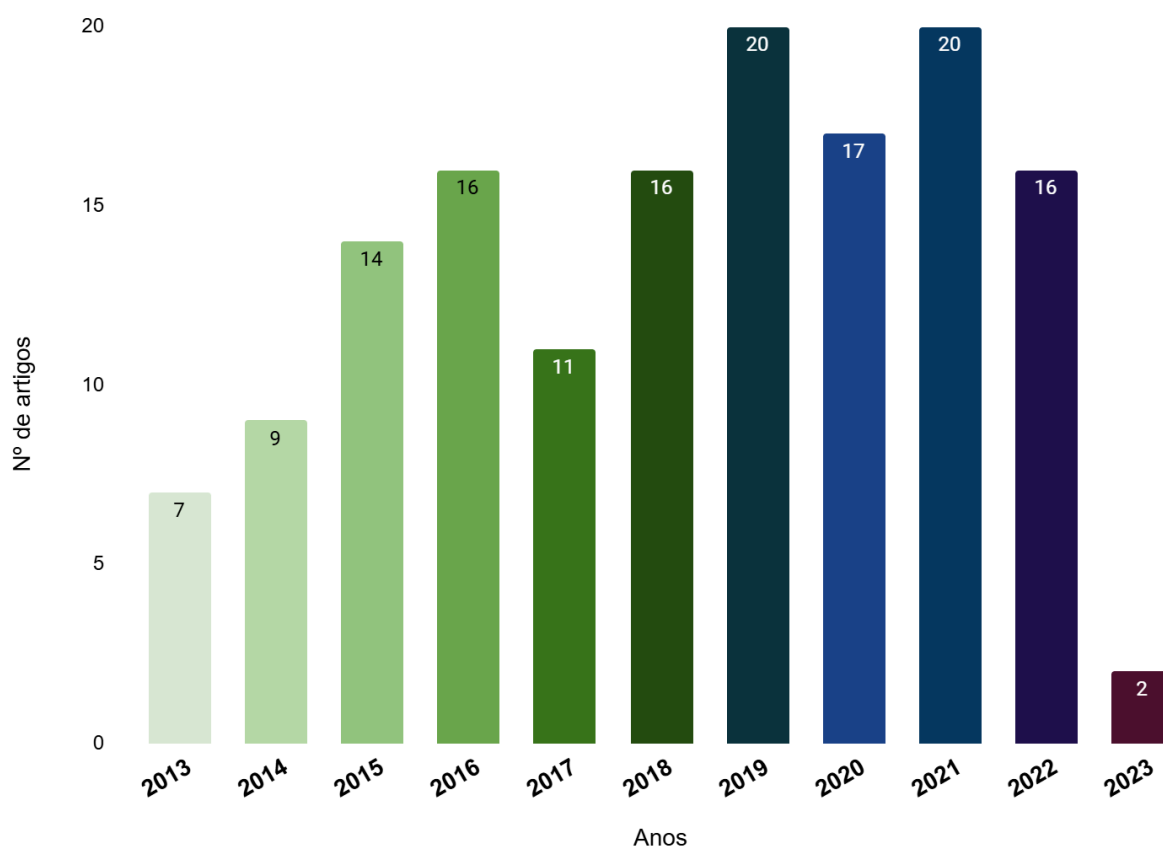


Figura 1.2: Distribuição da produção científica no período de 2013 a 2023.

1.3.2 Paisagem no entorno dos apiários

A intensificação agrícola tende a expor colônias de abelhas melíferas a más condições nutricionais, porém a disposição de floração diversificada no final do verão, conforme a flora silvestre, pode reverter o declínio acentuado no peso da colmeia e melhorar os estoques de lipídios das abelhas (DOLEZAL et al., 2019). Não necessariamente demanda-se de uma floresta densa e diversa para o suprimento de alimentos em períodos de escassez. De acordo com Balachandran et al. (2014), em um distrito indiano, no período da escassez, as ervas daninhas ressurgentes em colinas e planaltos costeiros desempenham um papel crucial no sustento de abelhas.

Paisagens de campos e pradarias, até poucos anos utilizadas para pastoreio, vem sendo mecanizadas para o cultivo de grãos. A aplicação de pesticidas também causa diferenças assíduas na qualidade da vegetação circundante à lavoura cultivada, causando um dano a pastos apícolas (DIXON et al., 2021). Em campos em que o pastoreio ainda é existente, a mesclagem de espécies pastoris auxilia não apenas a dieta da variedade pecuária

ali mantida, mas também fornece uma diversificação de recursos altamente proteicos e atraentes a abelhas (CARR-MARKELL et al., 2020).

A heterogeneidade do ambiente, bem como a extensa região de forrageio, incumbem as abelhas de uma específica capacidade de rastreamento e comunicação para localizar o pasto apícola. A dança das abelhas, utilizada para informar a colmeia sobre a localização de fontes de alimento, desempenha uma função de maior importância para a coleta de pólen do que para a coleta de néctar. Sendo o pólen uma fonte de proteína, a comunicação da dança tem efeitos relevantes no desenvolvimento e na saúde da colônia (NÜRNBERGER et al., 2017).

Ter a capacidade de interpretar as danças das abelhas, contribui para investigar as mudanças de espaço e tempo nos padrões de forrageamento, e assim, utilizar a dança como alternativa para evidenciar a abundância de flora regional (COUVILLON et al., 2014). A interpretação das danças também oferece uma via mais breve para rastrear a cultura forrageada, e assim identificar fontes de contaminação. De maneira deveras contributiva, o forrageio em áreas pulverizadas com neonicotinoides desencadeia a mitigação das danças e consequente redução do recrutamento de coletoras para áreas contaminadas (GARBUZOV et al., 2015).

Abelhas intoxicadas com pesticidas podem ter o comprometimento do olfato, da memória ou de ambos, inibindo a adequada realização de suas funções (CHAKRABARTI et al., 2015). Em ambientes com diversidade floral, a vegetação agrícola representa baixa parcela de recursos usados pelas abelhas (LONG; KRUPKE, 2016). A intoxicação de colmeias por agroquímicos não é necessariamente oriunda da cultura predominante ou focal da polinização, sendo as prováveis fontes de pesticidas, pulverizações sobre faixas circundantes as culturas (MCART et al., 2017), o que aumenta o alerta quanto aos cuidados sobre o manejo de ervas daninhas em culturas que demandam polinização.

Para compreender mais o universo da interferência de defensivos agrícolas sobre os polinizadores, demandaria-se um maior acesso aos dados de utilização destes princípios ativos, mas estes estudos têm sido limitados pela inexistência de dados georreferenciados sobre o uso de pesticidas (DOUGLAS et al., 2022). Outra problemática é a utilização de classificações como “cultura atrativa para abelhas” com o viés de habilitar demais culturas para a utilização indiscriminada de defensivos, desconsiderando toda a flora presente na lavoura, e sendo assim, um critério inadequado para autorização de pesticidas (SIMON-DELSO et al., 2017).

Observando de maneira mais ampla os efeitos da paisagem, a vegetação nativa apresenta maior diversidade floral. Analisando a partir da composição proteica das espécies vegetais, uma diversidade de espécies não necessariamente apresenta maior eficiência nutricional, mas pode suprir as limitações de alguns pólenes e melhorar a tolerância à infecções (DI PASQUALE et al., 2013). Indiferente ao teor de pólen e néctar de espécies rasteiras cultivadas, as abelhas preferem se alimentar de espécies de árvores e isso desencadeia que o cenário agrícola seja otimizado, a fim de fornecer diversidade de pasto apícola e de polinizadores para as culturas (DONKERSLEY, 2019).

As vegetações nativas também exercem crucial influência sobre a efetividade de polinização. Áreas não agrícolas, como vegetações nativas ou ciliares, precisam ser mantidas em paisagens agrícolas de culturas dependentes da polinização (PFISTER et al., 2018). Pequenas tiragens de vegetação nativa apresentam efeitos positivos na visitação de polinizadores (LAJOS et al., 2021). Considerando que espécies herbáceas e lenhosas florescem em períodos distintos, a flora nativa próxima a campos de cultivo fornece provisões para as abelhas, conseqüentemente aumentando as polinizações agrícolas (HALINSKI et al., 2020). Sendo a vegetação nativa, um propiciador aos polinizadores e suas funções, o incentivo à manutenção dos habitats naturais é uma ação vital para a intensificação da produção agrícola (ALOMAR et al., 2018).

1.3.3 Polinização

Recursos de floração abundante próximos as colmeias podem reduzir a distância de forrageamento das abelhas (BÄNSCH et al., 2020), exigindo maior proximidade entre apiário e cultivo focal. Visando obter complementaridade na polinização, é benéfico um habitat natural circundante a cultura focal, pois permite o melhoramento dos serviços de polinização, com uma diversificação de polinizadores (MARTINS et al., 2015). Em uma cultura focal de morango (*Fragaria x ananassa*), a polinização exercida por abelhas silvestres foi mais efetiva do que pelas manejadas, entonando o quão prejudicial é a simplificação da paisagem para a abundância e efetividade de polinizadores (CONNELLY et al., 2015).

Os serviços de polinização estão diretamente relacionados à diversidade de polinizadores, de modo que o declínio dessas populações tem causado preocupação com a segurança de polinização agrícola e em ecossistemas naturais, o que institui os efeitos negativos da agricultura intensiva (EERAERTS et al., 2019). Mas nem todas as culturas de

valor agrícola apresentam a mesma resposta à polinização. Em um estudo com distintas variedades de canola (*Brassica napus* L.), e múltiplos manejos, Marini et al. (2015) verificaram que a variação de rendimento na granação da cultura devido a polinização, depende da cultivar e do manejo adotados.

A interpretação da interferência do polinizador sobre o rendimento da produção, não pode ser obtida apenas através de um estudo raso, cada espécie vegetal demanda de características específicas para obter uma polinização eficiente. Para uma frutificação de abóbora, 2.500 grãos de pólen são necessários, por flor, para atingir a máxima frutificação (PFISTER et al., 2017), o que causa distinta demanda de visitação, a depender do polinizador. De acordo com Abbasi et al. (2021), *Apis mellifera* foi o polinizador responsável por prover maior aumento dos parâmetros agrônômicos, e maior rendimento econômico no cultivo de girassol.

Ainda no cultivo de girassol, indiferente a produção e manejo de cultivares autoférteis, o serviço prestado por polinizadores permite aumento de produção (BARTUAL et al., 2018) e melhoria da fertilidade das sementes (ALHUSANI et al., 2021). Almejando maior produção de girassol, práticas contributivas seriam a manutenção de vegetação marginal a estradas próximas a lavouras (HÉVIA et al., 2016) e plantação de cercas vivas nas bordas dos cultivos agrícolas (SARDIÑAS; KREMEN, 2015) como mantenedores da diversidade. Não há uma individualização entre os temas, de modo que a diversidade de polinizadores, a presença de vegetação nativa e a efetividade da polinização seguem em indissociável consórcio.

Outra cultura agrícola muito observada nos artigos consultados, foi a da oleaginosa canola. Em um estudo acerca de sementes de canola tratadas com Clotianidina, neonicotinóide de uso preventivo ao ataque de insetos usado amplamente em culturas como soja e milho, Cutler et al. (2014) constataram que abelhas expostas a canola tratada não tiveram efeitos adversos. Para essa cultura, a efetividade da polinização é devida a diversos fatores, podendo ser predominada pela existência de numerosos pequenos campos, com vegetação silvestre separando os mesmos, e assim, uma abundante comunidade de abelhas (ZOU et al., 2017).

Atendo-se aos fatores que podem reger a efetividade de polinizadores, uma condição válida é a deficiência nutritiva da planta, que a inibe de produzir voláteis e açúcares na flor, de modo que não atrai os polinizadores, desencadeando uma ausência de interação entre o polinizador e a planta (RADZEVIČIŪTĒ et al., 2021).

Dentre os fatores importantes para uma polinização efetiva, deve-se considerar a abundância de polinizadores nas flores, a eficiência do intercâmbio de pólen entre as flores e a eficácia da polinização, que é a multiplicação dos dois fatores anteriores. Em um estudo australiano sobre polinização de maçã, Bernauer et al. (2022) puderam constatar que espécies de abelhas sem ferrão apresentavam uma baixa eficiência de carregamento de pólen, mas devido à alta abundância de indivíduos em flores, exerciam uma alta eficácia na polinização. Tratando da polinização de macieiras, Weekers et al. (2022) expuseram a presença de *Apis mellifera* como um componente negativo à abundância de abelhas nativas. Esse fato pode ser questionado, considerando que este levantamento foi percentual, e em pomares com manejo de abelhas melíferas para polinização, a abundância dessa espécie será predominante.

Fatores a serem considerados na hora de avaliar a efetividade de polinizadores em uma cultura, de fato são diversos. Em um estudo de polinização de morango (*Fragaria x ananassa*) no Reino Unido, além da variedade do morango e da diversidade de polinizadores, percebeu-se que também deve ser considerada a estação do ano, para só depois decidir sobre o manejo de polinizadores domesticados (MARTIN et al., 2019). Já o investimento acerca da manutenção de flores silvestres no entorno de cultivos frutíferos resulta em um retorno benéfico sobre atração e mantimento de polinizadores nos intervalos de floração da cultura (GIBBIS et al., 2016).

Após toda a abordagem relativa aos fatores consideráveis para a efetividade de polinizadores, também é importante citar duas características minimamente incontroláveis, mas contornáveis, a localização e as condições climáticas sobre a cultura focal. Em uma região subártica do Canadá, observou-se a capacidade das abelhas, inclusive melíferas, de serem ativas em temperaturas baixas com proximidade a ecossistemas naturais (LEUNG e FORREST, 2019).

Em um estudo conduzido na Europa, Bartomeus et al. (2014) constataram que paisagens complexas tiveram uma maior diversidade de polinizadores selvagens para todas as culturas, mas a abundância de forrageio nestas paisagens foi maior apenas em algumas culturas. Na Austrália, um estudo revelou que a rede de polinizadores era dominada por três espécies, as abelhas *Apis mellifera* e *Tetragonula* spp., e a mosca *Stomorhina discolor*. Com essa informação, percebeu-se que a identificação dos táxons presentes em culturas, em diferentes regiões ou anos, pode auxiliar o desenvolvimento de estratégias no manejo de polinizadores (WILLCOX et al., 2019).

1.3.4 Mel

A fim de reunir um sistema de informações geográficas, Camargo et al. (2014) realizaram diversas análises que caracterizaram o mel do oeste do estado do Paraná, no Brasil. Este estudo realizou uma amostragem em 8 municípios e separou as amostras em 16 grupos de localização, ocupação de solo e características do apiário. Para avaliar a discriminação de amostras, analisaram-se parâmetros físico-químicos do mel, e de diversidade da flora apícola, elaborando assim, um Sistema de Informações Geográficas para a região.

Em um estudo realizado nos Estados Unidos (ANDERSON et al., 2013), os pesquisadores avaliaram a diversidade microbiana presente em abelhas e seus produtos, com o objetivo de verificar o impacto da paisagem na composição dessas comunidades microbianas. Perceberam que as bactérias encontradas também estão presentes no néctar floral, e apresentam complexa variedade, com microbiota que pode servir para inibição de fungos e patógenos, além da preservação do pão de abelha, contribuindo com a higiene e saúde das colmeias.

As características do apiário estão diretamente ligadas a fatores ecológicos circundantes e manejo apícola. Observou-se que a resistência da colmeia a patógenos está associada não apenas à diversidade floral forrageira, mas também ao manejo, de modo que a reutilização excessiva de cera desencadeia prejuízo à qualidade microbiana do mel e da colônia (ASENSIO et al., 2016). Essa diversidade de forrageio é ampliada pelas variações de culturas agrícolas manejadas espaço/tempo.

No Reino Unido, por exemplo, observou-se um aumento na diversidade de flora apícola, visto que em 1952, 855 amostras de mel foram analisadas por melissopalínologia, e 66 táxons foram identificados. Já em 2017, 441 amostras foram analisadas, sendo encontrados 147 táxons usando meta-barcoding de DNA. Destes, 47 correspondiam às espécies de 1952, expondo que houve ampliação da diversidade floral de méis, somada à evolução da especificidade de análise (JONES et al., 2021).

As abelhas e seus produtos, como mel, pólen apícola, pão de abelha e cera, são indicadores eficientes para monitorar a poluição ambiental e obter informações acerca da presença de agrotóxicos nos ambientes (LAMBERT et al., 2013). Em um monitoramento realizado no biênio 2016-17 na Califórnia, utilizaram-se mel, pão de abelha e cera para detectar 68 agrotóxicos (MEIKLE et al., 2020). Concentrando-se na obtenção de melhores condições para os polinizadores, o racionamento da utilização de agrotóxico não deve ser

único de cultivos focais, mas também serão necessários manejos conscientes em outros cultivos dentro da distância de forrageamento das abelhas (GRAHAM et al., 2022).

1.3.5 Pólen

Não apenas da pulverização advém as contaminações de pólen por agrotóxicos. Embora detectados em diminuta concentração subletal, princípios utilizados no tratamento de sementes foram encontrados no pólen apícola da Alemanha (BÖHME et al., 2018). Assim como propriedades com culturas focais de polinização devem ter um manejo responsável de defensivos agrícolas para minimizar os impactos sobre polinizadores, propriedades vizinhas também precisam ser conscientizadas sobre o manejo adequado de agroquímicos, a fim de reduzir a exposição de abelhas (GRAHAM et al., 2021).

Esta preocupação acerca da contaminação do pólen é um assunto que necessariamente deve ser tratado com atenção, pois assim como os polinizadores apresentam funções vitais para o desenvolvimento do ecossistema, o pólen apresenta funções cruciais para o desenvolvimento das abelhas. O nível de diversidade do pólen respondeu diretamente ao teor de contaminação do ácaro ectoparasita *Varroa* (*Varroa destructor*) na Espanha, e a incidência de *Varroa* influencia o vírus deformador de asas das abelhas (DWV) em colmeia, de modo que o conjunto de *Varroa* e carga viral DWV apresentam uma correlação negativa com a força da colônia (BARROSO-ARÉVALO et al., 2019).

Apiários localizados em proximidade a flora mais diversa coletam mais recursos de pólen durante o verão, o que propicia colônias contendo mais crias e menores taxas de infestação de varroa no outono, tendo uma taxa de sucesso de hibernação mais alta (SMART et al., 2016). Para potencializar a diversificação de forrageio, uma alternativa viável é suprir lacunas espaciais e temporais na disponibilidade de pólen, sustentando a diversidade de paisagens agrícolas (DANNER et al., 2017).

Já houve estudo (GARBUZOV et al., 2015) em que a flor silvestre de dente-de-leão foi expressivamente mais importante como fonte de pólen do que a cultura focal. Um critério usado para a escolha de pasto apícola, é a constância de floração da variedade floral, porém essa característica, mesmo sendo eficiente para o sustento das abelhas, não é suficiente para a nutrição e mantimento apícola, sendo importante o emprego de espécies com floração sazonal, a fim de diversificar as plantas apícolas (MALAGNINI et al., 2022). Com o intuito de suprir essa mescla de sazonalidade, Ramseier et al. (2016),

conduziram um estudo acerca de faixas de flores às margens de campos de cultivo na Suíça, e obtiveram a resposta de que tais faixas representam um bom suprimento nutritivo e energético durante períodos de baixa floração.

1.3.6 Saúde da Colmeia

A eficiência das abelhas na coleta de pólen é um parâmetro muito relevante para a efetividade da polinização, mas não apresenta a mesma contribuição para a saúde das abelhas. O milho, uma cultura de cultivo abundante nas mais diversas paisagens do mundo, apresenta uma alta produção de pólen, porém não fornece uma dieta adequada para o desenvolvimento das abelhas (DI PASQUALE et al., 2016).

Assim como existem pólenes com distinta carga proteica, uma diversidade de espécies florais tende a suprir a escassez de nutrientes. A deficiência de ômega-3 na dieta das abelhas, desencadeia uma defasagem de aprendizado olfativo, mas a floração de duas variedades de eucalipto, o (*Eucalyptus ficifolia*) e o (*Eucalyptus camaldulensis*), culturas disseminadas mundialmente, satisfazem a demanda de ômega-3 das abelhas (ARIEN et al., 2015).

Tratando-se da dieta energética das abelhas, a demanda de adultas por monossacarídeos é intensa, mas nem toda espécie vegetal oferece açúcares simples. As plantas fornecedoras de secreção, tem na composição do melato, além de mono e dissacarídeos, trissacarídeos como melezitose. A melezitose afeta a saúde das abelhas melíferas através de seu acúmulo no intestino, devido a lentidão de metabolização pela microbiota intestinal (SEEBURGER et al., 2020). Para melhorar a nutrição das abelhas e reduzir os impactos da antropização, o plantio de flora nativa nas regiões limítrofes a cultivos agrícolas, ou a realocação de colmeias para áreas naturais, auxilia no aumento da presença de bactérias benéficas a saúde das abelhas (GORROCHATEGUI-ORTEGA et al., 2022).

Observando bactérias prejudiciais a abelhas, Von Büren et al. (2019) utilizaram dados do Sistemas de Informação Geográfica Suíço para compreender a disseminação bacteriana em relação à densidade de apiários, e puderam perceber que o contágio de bactérias não é proporcional a densidade, mas sim ao nível de contaminação de enxames. O sistema de informação geográfica, além de fornecer informações sobre a distribuição e proximidade de apiários, pode expor a paisagem em que esses estão instalados.

A ecofisiologia da paisagem é algo que discerne o ambiente como estressor ou adequado para a saúde das abelhas e consequente maior sobrevivência ao inverno (ALAUX et al., 2017). A fim de estabelecer uma linha para promover a avaliação de risco ambiental sobre produtos químicos e outros estressores, More juntamente com o Comitê Científico da EFSA (2021) desenvolveram um parecer científico que visa reter o enfraquecimento das colônias.

Estressores de relativa preocupação para as abelhas melíferas, são os vírus, que podem atingir a fisiologia dos insetos. A prevalência viral tende a ser influenciada pelo tipo de vírus e pela estação, mas não pela paisagem ou ano (OLGUN et al., 2020).

O ácaro *Varroa* é um estressor expressivo para diversas subespécies de *Apis mellifera*, e sua presença é associada a níveis mais baixos de lipídios, mas abelhas situadas em áreas de menor cultivo intensivo apresentaram maiores níveis de lipídios (DOLEZAL et al., 2016). Surtos de *Varroa* podem desencadear transmissão de vírus entre abelhas, mas a maioria das espécies passou por adaptações genéticas evolutivas para resistir a patógenos, porém essa função imunológica pode ser reduzida durante o inverno (STEINMANN et al., 2015).

Mas há como isso ser mitigado, rainhas jovens produzem maior abundância de crias, o que pode ser estendido com suplementação proteica. Mas o desempenho da colônia está relacionado ao seu sistema imunológico, e rainhas mais jovens tendem a garantir genes mais eficientes no sentido de imunologia e desempenho para resistência ao frio e a patógenos (RICIGLIANO et al., 2018).

1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando os horizontes pesquisados no contexto da interseção de mel e paisagem, para compreender o passo da ciência acerca da segurança em diversidade dos biomas e produção de mel, percebeu-se que o enfoque desta temática concentra-se entre a diversidade de polinizadores e a polinização visando rendimento econômico, além da interação das duas linhas para observar a saúde dos polinizadores. Mas o estudo de mel e demais produtos apícolas têm sido superficial, quando interceptado pela temática da paisagem em que a apicultura está envolta.

Há uma concentração dos estudos especificamente em um país. Dos artigos revisados, 51 foram de estudos realizados nos EUA. Na sequência, a Alemanha teve 14 e o Reino Unido teve 10. O Brasil classifica-se em 6ª posição, com 6 artigos publicados dentre os revisados na busca.

Observou-se uma imersão bem contundente na temática de danos promovidos pela presença de agrotóxicos em campos de cultura intensiva. Também foi observada a eficiente atenção dada a paisagem circundante aos polinizadores, expondo a importância de vegetações naturais ou seminaturais para o melhor desenvolvimento de espécies polinizadoras, e consequente efetividade da polinização e manutenção da biodiversidade.

Em relação ao cenário nacional, observa-se uma escassez muito grande de trabalhos sobre a influência da paisagem na qualidade do mel, o que indica necessidade de muitos estudos, dada a diversa composição dos biomas brasileiros. Tal qual a diversidade de biomas, outro fator que amplia a demanda por estudos, é a diversidade de microclimas, de culturas agrícolas e das espécies vegetais nativas presentes em regiões próximas.

Atentando-se às concepções extraídas desta revisão, percebe-se um farto horizonte de pesquisas a fim de preencher lacunas relacionadas à influência da paisagem sobre a produção de mel. Visando primordialmente assim, a assertividade acerca da qualidade físico-química, microbiológica e fenólica desse produto, e garantindo uma harmonia entre a produção apícola e a biodiversidade das regiões em que está produção é exercida.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, K. H.; JAMAL, M.; AHMAD, S.; et al. Standardization of managed honey bee (*Apis mellifera*) hives for pollination of Sunflower (*Helianthus annuus*) crop. **Journal of King Saud University - Science**, v. 33, n. 8, p. 101608, 2021.
- ALAUX, C.; ALLIER, F.; DECOURTYE, A.; et al. A ‘Landscape physiology’ approach for assessing bee health highlights the benefits of floral landscape enrichment and semi-natural habitats. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.
- ALHUSANI, A. H.; ALKINANI, L. Q.; AL-SULTANY, A. K.; et al. Role of honey bee visits (*apis mellifera*) and the treatment with nanoparticale (proteck calbor) on some growth characteristics for six varieties of sunflower (*helianthus annuus* l.). **International Journal of Agricultural and Statistical Sciences**, v. 17, n. 1, p. 1807-1813, 2021.
- ALOMAR, D.; GONZÁLEZ-ESTÉVEZ, M. A.; TRAVESET, A.; et al. The intertwined effects of natural vegetation, local flower community, and pollinator diversity on the production of almond trees. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 264, p. 34–43, 2018.
- ANDERSON, K. E.; SHEEHAN, T. H.; MOTT, B. M.; et al. Microbial Ecology of the Hive and Pollination Landscape: Bacterial Associates from Floral Nectar, the Alimentary Tract and Stored Food of Honey Bees (*Apis mellifera*). **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. e83125, 2013.
- ARIEN, Y.; DAG, A.; ZARCHIN, S.; et al. Omega-3 deficiency impairs honey bee learning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 51, p. 15761–15766, 2015.
- ASENSIO, I.; VICENTE-RUBIANO, M.; MUÑOZ, M. J.; et al. Importance of Ecological Factors and Colony Handling for Optimizing Health Status of Apiaries in Mediterranean Ecosystems. **PLOS ONE**, v. 11, n. 10, p. e0164205, 2016.
- BÄNSCH, S.; TSCHARNTKE, T.; RATNIEKS, F. L.W.; et al. Foraging of honey bees in agricultural landscapes with changing patterns of flower resources. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 291, p. 106792, 2020.
- BALACHANDRAN C., CHANDRAN M. S., RAMACHANDRA T. V. Keystone food resources for honey bees in South Indian west coast during monsoon. **Current Science**, v. 106, n.10, p 1379–1386, 2014.
- BARROSO-ARÉVALO, S.; VICENTE-RUBIANO, M.; RUIZ, J. A.; et al. Does pollen diversity influence honey bee colony health? **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 17, n. 3, p. e0504, 2019.
- BARTOMEUS, I.; POTTS, S. G.; STEFFAN-DEWENTER, I.; et al. Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. **PeerJ**, v. 2, p. e328, 2014.
- BARTUAL, A. M.; SUTTER, L.; BOCCI, G.; et al. The potential of different semi-natural habitats to sustain pollinators and natural enemies in European agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 279, p. 43–52, 2019.

- BERNAUER, O. M.; TIERNEY, S. M.; COOK, J. M. Efficiency and effectiveness of native bees and honey bees as pollinators of apples in New South Wales orchards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 337, p. 108063, 2022.
- BASHIR, M. A.; SAEED, S.; SAJJAD, A. Monitoring hymenoptera and diptera pollinators in a subtropical forest of southern punjab, pakistan. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 50, n. 3, p. 359-366, 2013.
- BÖHME, F.; BISCHOFF, G.; ZEBITZ, C. P. W.; et al. Pesticide residue survey of pollen loads collected by honeybees (*Apis mellifera*) in daily intervals at three agricultural sites in South Germany. **PLOS ONE**, v. 13, n. 7, p. e0199995, 2018.
- BOTINA, L. L.; BERNARDES, R. C.; BARBOSA, W. F.; et al. Toxicological assessments of agrochemical effects on stingless bees (*Apidae, Meliponini*). **MethodsX**, v. 7, p. 100906, 2020.
- BRANDT, K.; GLEMNITZ, M.; SCHRÖDER, B. The impact of crop parameters and surrounding habitats on different pollinator group abundance on agricultural fields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 243, p. 55–66, 2017.
- BRÜHL, C. A.; BAKANOV, N.; KÖTHE, S.; et al. Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.
- CAMARGO, S. C.; GARCIA, R. C.; FEIDEN, A.; et al. Implementation of a geographic information system (GIS) for the planning of beekeeping in the west region of Paraná. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 2, p. 955–971, 2014.
- CAMP, A. A.; WILLIAMS, W. C.; EITZER, B. D.; et al. Effects of the neonicotinoid acetamiprid in syrup on *Bombus impatiens* (*Hymenoptera: Apidae*) microcolony development. **PLOS ONE**, v. 15, n. 10, p. e0241111, 2020.
- CARR-MARKELL, M. K.; DEMLER, C. M.; COUVILLON, M. J.; et al. Do honey bee (*Apis mellifera*) foragers recruit their nestmates to native forbs in reconstructed prairie habitats? **PLOS ONE**, v. 15, n. 2, p. e0228169, 2020.
- CHAKRABARTI, P.; RANA, S.; BANDOPADHYAY, S.; et al. Field populations of native Indian honey bees from pesticide intensive agricultural landscape show signs of impaired olfaction. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, 2015.
- CHATTERJEE, A.; CHATTERJEE, S.; SMITH, B.; et al. Predicted thresholds for natural vegetation cover to safeguard pollinator services in agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 290, p. 106785, 2020.
- COLIN, T.; BRUCE, J.; MEIKLE, W. G.; et al. The development of honey bee colonies assessed using a new semi-automated brood counting method: CombCount. **PLOS ONE**, v. 13, n. 10, p. e0205816, 2018.
- CONG, W.; DUPONT, Y. L.; SØEGAARD, K.; et al. Optimizing yield and flower resources for pollinators in intensively managed multi-species grasslands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 302, p. 107062, 2020.

CONNELLY, H.; POVEDA, K.; LOEB, G. Landscape simplification decreases wild bee pollination services to strawberry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 211, p. 51–56, 2015.

COUVILLON, M. J.; SCHÜRCH, R.; RATNIEKS, F. L. W. Waggle Dance Distances as Integrative Indicators of Seasonal Foraging Challenges. **PLOS ONE**, v. 9, n. 4, p. e93495, 2014.

CUNNINGHAM, S. A.; CRANE, M. J.; EVANS, M. J.; et al. Density of invasive western honey bee (*Apis mellifera*) colonies in fragmented woodlands indicates potential for large impacts on native species. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

CUTLER, G. C.; SCOTT-DUPREE, C. D.; SULTAN, M.; et al. A large-scale field study examining effects of exposure to clothianidin seed-treated canola on honey bee colony health, development, and overwintering success. **PeerJ**, v. 2, p. e652, 2014.

DANNER, N.; KELLER, A.; HÄRTEL, S.; et al. Honey bee foraging ecology: Season but not landscape diversity shapes the amount and diversity of collected pollen. **PLOS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0183716, 2017.

DE GROOT, G. S.; AIZEN, M. A.; SÁEZ, A.; et al. Large-scale monoculture reduces honey yield: The case of soybean expansion in Argentina. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306, p. 107203, 2021.

DI PASQUALE, G.; ALAUX, C.; LE CONTE, Y.; et al. Variations in the Availability of Pollen Resources Affect Honey Bee Health. **PLOS ONE**, v. 11, n. 9, p. e0162818, 2016.

DI PASQUALE, G.; SALIGNON, M.; LE CONTE, Y.; et al. Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? **PLOS ONE**, v. 8, n. 8, p. e72016, 2013.

DIDONATO, S.; GAREAU, B. J. Be(e)coming pollinators: Beekeeping and perceptions of environmentalism in Massachusetts. **PLOS ONE**, v. 17, n. 3, p. e0263281, 2022.

DIXON, D. J.; ZHENG, H.; OTTO, C. R. V. Land conversion and pesticide use degrade forage areas for honey bees in America's beekeeping epicenter. **PLOS ONE**, v. 16, n. 5, p. e0251043, 2021.

DOLEZAL, A. G.; CARRILLO-TRIPP, J.; MILLER, W. A.; et al. Intensively Cultivated Landscape and Varroa Mite Infestation Are Associated with Reduced Honey Bee Nutritional State. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0153531, 2016.

DOLEZAL, A. G.; ST. CLAIR, A. L.; ZHANG, G.; et al. Native habitat mitigates feast–famine conditions faced by honey bees in an agricultural landscape. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 50, p. 25147–25155, 2019.

DONKERSLEY, P. Trees for bees. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 270–271, p. 79–83, 2019.

DOUGLAS, M. R.; BAISLEY, P.; SOBA, S.; et al. Putting pesticides on the map for pollinator research and conservation. **Scientific Data**, v. 9, n. 1, 2022.

DOUGLAS, M. R.; SPONSLER, D. B.; LONSDORF, E. V.; et al. County-level analysis reveals a rapidly shifting landscape of insecticide hazard to honey bees (*Apis mellifera*) on US farmland. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020.

DURANT, J. L.; PONISIO, L. C. A R. Honey Bee-Centered Approach Is Needed to Incentivize Grower Adoption of Bee-Friendly Practices in the Almond Industry. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, 2021.

EERAERTS, M.; SMAGGHE, G.; MEEUS, I. Pollinator diversity, floral resources and semi-natural habitat, instead of honey bees and intensive agriculture, enhance pollination service to sweet cherry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 284, p. 106586, 2019.

ELLEGAARD, K. M.; ENGEL, P. Genomic diversity landscape of the honey bee gut microbiota. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, 2019.

EVANS, E; SMART, M.; CARIVEAU, D.; et al. Wild, native bees and managed honey bees benefit from similar agricultural land uses. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 268, p. 162–170, 2018.

GAINES-DAY, H. R.; GRATTON, C. Crop yield is correlated with honey bee hive density but not in high-woodland landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 218, p. 53–57, 2016.

GALLANT, A. L.; EULISS, N. H.; BROWNING, Z. Mapping Large-Area Landscape Suitability for Honey Bees to Assess the Influence of Land-Use Change on Sustainability of National Pollination Services. **PLOS ONE**, v. 9, n. 6, p. e99268, 2014.

GARBUZOV, M; COUVILLON, M. J.; SCHÜRCH, R.; et al. Honey bee dance decoding and pollen-load analysis show limited foraging on spring-flowering oilseed rape, a potential source of neonicotinoid contamination. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 203, p. 62–68, 2015.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; WINFREE, R. et al. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundances. *Science*, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GARRATT, M.P.D.; BREEZE, T.D.; JENNER, N.; et al. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 184, p. 34–40, 2014.

GIACOMINI, J. J.; LESLIE, J.; TARPY, D. R.; et al. Medicinal value of sunflower pollen against bee pathogens. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

GIBBS, J.; ELLE, E.; BOBIWASH, K.; et al. Contrasting Pollinators and Pollination in Native and Non-Native Regions of Highbush Blueberry Production. **PLOS ONE**, v. 11, n. 7, p. e0158937, 2016.

GORROCHATEGUI-ORTEGA, J.; MUÑOZ-COLMENERO, M.; KOVAČIĆ, M.; et al. A short exposure to a semi-natural habitat alleviates the honey bee hive microbial imbalance caused by agricultural stress. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

GRAHAM, K. K.; MILBRATH, M. O.; ZHANG, Y.; et al. Identities, concentrations, and sources of pesticide exposure in pollen collected by managed bees during blueberry pollination. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

GRAHAM, K. K.; MILBRATH, M. O.; ZHANG, Y.; et al. Pesticide risk to managed bees during blueberry pollination is primarily driven by off-farm exposures. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

GRAHAM, M.; ATES, S.; MELATHOPOULOS, A. P.; et al. Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-season for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

GREGORC, A.; ALBURAKI, M.; RINDERER, N.; et al. Effects of coumaphos and imidacloprid on honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) lifespan and antioxidant gene regulations in laboratory experiments. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

GUZMAN, A.; GAINES-DAY, H.R.; LOIS, A.N.; et al. Surrounding landscape and spatial arrangement of honey bee hives affect pollen foraging and yield in cranberry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 286, p. 106624, 2019.a.

GUZMAN, A.; CHASE, M.; KREMEN, C. On-Farm Diversification in an Agriculturally-Dominated Landscape Positively Influences Specialist Pollinators. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, 2019.b.

HALINSKI, R.; GARIBALDI, L. A.; DOS SANTOS, C. F.; et al. Forest fragments and natural vegetation patches within crop fields contribute to higher oilseed rape yields in Brazil. **Agricultural Systems**, v. 180, p. 102768, 2020.

HENRY, M.; BERTRAND, C.; LE FÉON, V.; et al. Pesticide risk assessment in free-ranging bees is weather and landscape dependent. **Nature Communications**, v. 5, n. 1, 2014.

HEVIA, V.; BOSCH, J.; AZCÁRATE, F. M.; et al. Bee diversity and abundance in a livestock drove road and its impact on pollination and seed set in adjacent sunflower fields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 232, p. 336–344, 2016.

IWANOWICZ, D. D.; WU-SMART, J. Y.; OLGUN, T.; et al. An updated genetic marker for detection of Lake Sinai Virus and metagenetic applications. **PeerJ**, v. 8, p. e9424, 2020.

JONES, L.; BRENNAN, G. L.; LOWE, A.; et al. Shifts in honeybee foraging reveal historical changes in floral resources. **Communications Biology**, v. 4, n. 1, 2021.

KALLIONIEMI, E.; ÅSTRÖM, J.; RUSCH, G. M.; et al. Local resources, linear elements and mass-flowering crops determine bumblebee occurrences in moderately intensified farmlands. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 239, p. 90–100, 2017.

KAPHEIM, K. M.; JONES, B. M.; PAN, H.; et al. Developmental plasticity shapes social traits and selection in a facultatively eusocial bee. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 24, p. 13615–13625, 2020.

KOENIG, P. A.; PETERSEN, K. H. Best practices for instrumenting honey bees. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

KRATSCHMER, S.; PACHINGER, B.; SCHWANTZER, M.; et al. Tillage intensity or landscape features: What matters most for wild bee diversity in vineyards? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 266, p. 142–152, 2018.

KRIMMER, E.; MARTIN, E. A.; KRAUSS, J.; et al. Size, age and surrounding semi-natural habitats modulate the effectiveness of flower-rich agri-environment schemes to promote pollinator visitation in crop fields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 284, p. 106590, 2019.

KRISCHIK, V.; ROGERS, M.; GUPTA, G.; et al. Soil-Applied Imidacloprid Translocates to Ornamental Flowers and Reduces Survival of Adult *Coleomegilla maculata*, *Harmonia axyridis*, and *Hippodamia convergens* Lady Beetles, and Larval *Danaus plexippus* and *Vanessa cardui* Butterflies. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, p. e0119133, 2015.

KUCHLING, S.; KOPACKA, I.; KALCHER-SOMMERSGUTER, E.; et al. Investigating the role of landscape composition on honey bee colony winter mortality: A long-term analysis. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

LAJOS, K.; SAMU, F.; BIHALY, Á. D.; et al. Landscape structure affects the sunflower visiting frequency of insect pollinators. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

LAMBERT, O.; PIROUX, M.; PUYO, S.; et al. Widespread Occurrence of Chemical Residues in Beehive Matrices from Apiaries Located in Different Landscapes of Western France. **PLOS ONE**, v. 8, n. 6, p. e67007, 2013.

LAU, P.; BRYANT, V.; ELLIS, J. D.; et al. Seasonal variation of pollen collected by honey bees (*Apis mellifera*) in developed areas across four regions in the United States. **PLOS ONE**, v. 14, n. 6, p. e0217294, 2019.

LECOCQ, A.; KRYGER, P.; VEJSNÆS, F.; et al. Weight Watching and the Effect of Landscape on Honeybee Colony Productivity: Investigating the Value of Colony Weight Monitoring for the Beekeeping Industry. **PLOS ONE**, v. 10, n. 7, p. e0132473, 2015.

LEUNG, M. C.-Y.; FORREST, J. R.K. Insect pollinators of haskap (*Lonicera caerulea* L.: Caprifoliaceae) in subarctic Canada. **Open Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 676–683, 2019.

LIU, R.; CHEN, D.; LUO, S.; et al. Quantifying pollination efficiency of flower-visiting insects and its application in estimating pollination services for common buckwheat. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 301, p. 107011, 2020.

LONG, E. Y.; KRUPKE, C. H. Non-cultivated plants present a season-long route of pesticide exposure for honey bees. **Nature Communications**, v. 7, n. 1, 2016.

LOZADA-GOBILARD, S.; LANDIVAR ALBIS, C. M.; RUPIK, K. B.; et al. Habitat quality and connectivity in kettle holes enhance bee diversity in agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 319, p. 107525, 2021.

M. BARTUAL, A.; BOCCI, G.; MARINI, S.; et al. Local and landscape factors affect sunflower pollination in a Mediterranean agroecosystem. **PLOS ONE**, v. 13, n. 9, p. e0203990, 2018.

- MACINNIS, G.; NORMANDIN, E.; ZITER, C. D. Decline in wild bee species richness associated with honey bee (*Apis mellifera* L.) abundance in an urban ecosystem. **PeerJ**, v. 11, p. e14699, 2023.
- MALAGNINI, V.; CAPPELLARI, A.; MARINI, L.; et al. Seasonality and Landscape Composition Drive the Diversity of Pollen Collected by Managed Honey Bees. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2022.
- MALLINGER, R. E.; FRANCO, J. G.; PRISCHMANN-VOLDSETH, D. A.; et al. Annual cover crops for managed and wild bees: Optimal plant mixtures depend on pollinator enhancement goals. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 273, p. 107–116, 2019.
- MARINI, Lo.; TAMBURINI, G.; PETRUCCO-TOFFOLO, E.; et al. Crop management modifies the benefits of insect pollination in oilseed rape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 207, p. 61–66, 2015.
- MARTIN, C. D.; FOUNTAIN, M. T.; BROWN, M. J.F. Varietal and seasonal differences in the effects of commercial bumblebees on fruit quality in strawberry crops. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 281, p. 124–133, 2019.
- MARTINS, K. T.; GONZALEZ, A.; LECHOWICZ, M. J. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 200, p. 12–20, 2015.
- MCART, S. H.; FERSCH, A. A.; MILANO, N. J.; et al. High pesticide risk to honey bees despite low focal crop pollen collection during pollination of a mass blooming crop. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.
- MCMINN-SAUDER, H.; LIN, C.-H.; EATON, T.; et al. A Comparison of Springtime Pollen and Nectar Foraging in Honey Bees Kept in Urban and Agricultural Environments. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2022.
- MCNEIL, D. J.; MCCORMICK, E.; HEIMANN, A. C.; et al. Bumble bees in landscapes with abundant floral resources have lower pathogen loads. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020.
- MEEUS, I.; PARMENTIER, L.; PISMAN, M.; et al. Reduced nest development of reared *Bombus terrestris* within apiary dense human-modified landscapes. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.
- MEIKLE, W. G.; HOLST, N.; COLIN, T.; et al. Using within-day hive weight changes to measure environmental effects on honey bee colonies. **PLOS ONE**, v. 13, n. 5, p. e0197589, 2018.
- MEIKLE, W. G.; WEISS, M.; BEREN, E. Landscape factors influencing honey bee colony behavior in Southern California commercial apiaries. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020.
- MEINERS, J. M.; GRISWOLD, T. L.; CARRIL, O. M. Decades of native bee biodiversity surveys at Pinnacles National Park highlight the importance of monitoring natural areas over time. **PLOS ONE**, v. 14, n. 1, p. e0207566, 2019.

MELIN, A.; ROUGET, M.; COLVILLE, J. F.; et al. Assessing the role of dispersed floral resources for managed bees in providing supporting ecosystem services for crop pollination. **PeerJ**, v. 6, p. e5654, 2018.

MIYASHITA, T.; HAYASHI, S.; NATSUME, K.; et al. Diverse flower-visiting responses among pollinators to multiple weather variables in buckwheat pollination. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, 2023.

MORE, S.; BAMPIDIS, V.; BENFORD, D.; et al. A systems-based approach to the environmental risk assessment of multiple stressors in honey bees. **EFSA Journal**, v. 19, n. 5, 2021.

MOREAUX, C.; MEIRELES, D. A.L.; SONNE, J.; et al. The value of biotic pollination and dense forest for fruit set of Arabica coffee: A global assessment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 323, p. 107680, 2022.

MOREIRA, E. F.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. Spatial Heterogeneity Regulates Plant-Pollinator Networks across Multiple Landscape Scales. **PLOS ONE**, v. 10, n. 4, p. e0123628, 2015.

NAYAK, G. K.; ROBERTS, S. P.M.; GARRATT, M.; et al. Interactive effect of floral abundance and semi-natural habitats on pollinators in field beans (*Vicia faba*). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 199, p. 58–66, 2015.

NIGGLI, V. U.; RIEDEL, J.; BRÜH, C.; et al. Pflanzenschutz und Biodiversität in agrarökosystemen. Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für. **Agrarpolitik und Landwirtschaft**, v. 1, p. 1–39, 2020.

NOVAIS, S. M. A.; NUNES, C. A.; SANTOS, N. B.; et al. Effects of a Possible Pollinator Crisis on Food Crop Production in Brazil. **PLOS ONE**, v. 11, n. 11, p. e0167292, 2016.

NUNES-SILVA, P.; PIOT, N.; MEEUS, I.; et al. Absence of Leishmaniinae and Nosematidae in stingless bees. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, 2016.

NÜRNBERGER, F.; STEFFAN-DEWENTER, I.; HÄRTEL, S. Combined effects of waggle dance communication and landscape heterogeneity on nectar and pollen uptake in honey bee colonies. **PeerJ**, v. 5, p. e3441, 2017.

OLGUN, T.; EVERHART, S. E.; ANDERSON, T.; et al. Comparative analysis of viruses in four bee species collected from agricultural, urban, and natural landscapes. **PLOS ONE**, v. 15, n. 6, p. e0234431, 2020.

OLIVER, A. E.; NEWBOLD, L. K.; GWEON, H. S.; et al. Integration of DNA extraction, metabarcoding and an informatics pipeline to underpin a national citizen science honey monitoring scheme. **MethodsX**, v. 8, p. 101303, 2021.

OSTERMAN, J.; THEODOROU, P.; RADZEVIČIŪTĖ, R.; et al. Apple pollination is ensured by wild bees when honey bees are drawn away from orchards by a mass co-flowering crop, oilseed rape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 315, p. 107383, 2021.

- OTTO, C. R. V.; ROTH, C. L.; CARLSON, B. L.; et al. Land-use change reduces habitat suitability for supporting managed honey bee colonies in the Northern Great Plains. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 37, p. 10430–10435, 2016.
- PATENKOVIĆ, A.; TANASKOVIĆ, M.; ERIĆ, P.; et al. Urban ecosystem drives genetic diversity in feral honey bee. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.
- PETERSEN, J. D.; REINERS, S.; NAULT, B. A. Pollination Services Provided by Bees in Pumpkin Fields Supplemented with Either *Apis mellifera* or *Bombus impatiens* or Not Supplemented. **PLOS ONE**, v. 8, n. 7, p. e69819, 2013.
- PFISTER, S. C.; ECKERTER, P. W.; KREBS, J.; et al. Dominance of cropland reduces the pollen deposition from bumble bees. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.
- PFISTER, S. C.; ECKERTER, P. W.; SCHIRMEL, J.; et al. Sensitivity of commercial pumpkin yield to potential decline among different groups of pollinating bees. **Royal Society Open Science**, v. 4, n. 5, p. 170102, 2017.
- PHILLIPS, B. W.; GARDINER, M. M. Use of video surveillance to measure the influences of habitat management and landscape composition on pollinator visitation and pollen deposition in pumpkin (*Cucurbita pepo*) agroecosystems. **PeerJ**, v. 3, p. e1342, 2015.
- PIOT, N.; SCHWEIGER, O.; MEEUS, I.; et al. Honey bees and climate explain viral prevalence in wild bee communities on a continental scale. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.
- QUINLAN, G. M.; MILBRATH, M. O.; OTTO, C. R. V.; et al. Honey bee (*Apis mellifera*) colonies benefit from grassland/ pasture while bumble bee (*Bombus impatiens*) colonies in the same landscapes benefit from non-corn/soybean cropland. **PLOS ONE**, v. 16, n. 9, p. e0257701, 2021a.
- QUINLAN, G.; MILBRATH, M.; OTTO, C.; et al. Honey bee foraged pollen reveals temporal changes in pollen protein content and changes in forager choice for abundant versus high protein flowers. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 322, p. 107645, 2021b.
- RADER, Romina; BARTOMEUS, Ignasi; GARIBALDI, Lucas A.; et al. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 1, p. 146–151, 2015.
- RADERSCHALL, C. A.; BOMMARCO, R.; LINDSTRÖM, S. A.M.; et al. Landscape crop diversity and semi-natural habitat affect crop pollinators, pollination benefit and yield. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306, p. 107189, 2021.
- RADZEVIČIŪTĖ, R.; THEODOROU, P.; SCHLEGEL, M.; et al. A two-part modelling approach reveals a positive effect of pollinator biodiversity in boosting the pollination of apple flowers. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 306, p. 107197, 2021.
- RAMSEIER, H.; FÜGLISTALLER, D.; LÄDRACH, C.; et al. Les bandes fleuries favorisent les abeilles domestiques et sauvages. **Recherche Agronomique Suisse**, v. 7, n. 6, p. 276–283, 2016..

- RICIGLIANO, V. A.; MOTT, B. M.; FLOYD, A. S.; et al. Honey bees overwintering in a southern climate: longitudinal effects of nutrition and queen age on colony-level molecular physiology and performance. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.
- ROBINSON, A.; HESKETH, H.; LAHIVE, E.; et al. Comparing bee species responses to chemical mixtures: Common response patterns? **PLOS ONE**, v. 12, n. 6, p. e0176289, 2017.
- ROLLIN, O.; BRETAGNOLLE, V.; DECOURTYE, A.; et al. Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 179, p. 78–86, 2013.
- ROLLIN, O.; PÉREZ-MÉNDEZ, N.; BRETAGNOLLE, V.; et al. Preserving habitat quality at local and landscape scales increases wild bee diversity in intensive farming systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 275, p. 73–80, 2019.
- ROPARS, L.; DAJOZ, I.; FONTAINE, C.; et al. Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. **PLOS ONE**, v. 14, n. 9, p. e0222316, 2019.
- SARDIÑAS, H.; S.; KREMEN, C. Pollination services from field-scale agricultural diversification may be context-dependent. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 207, p. 17–25, 2015.
- SCHOLER, J.; KRISCHIK, V. Chronic Exposure of Imidacloprid and Clothianidin Reduce Queen Survival, Foraging, and Nectar Storing in Colonies of *Bombus impatiens*. **PLOS ONE**, v. 9, n. 3, p. e91573, 2014.
- SCILIGO, A. R.; M'GONIGLE, L. K.; KREMEN, C. Local diversification enhances pollinator visitation to strawberry and may improve pollination and marketability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2022.
- SEEBURGER, V. C.; D'ALVISE, P.; SHAABAN, B.; et al. The trisaccharide melezitose impacts honey bees and their intestinal microbiota. **PLOS ONE**, v. 15, n. 4, p. e0230871, 2020.
- SIMON-DELISO, N.; SAN MARTIN, G.S.; BRUNEAU, E.; et al. The challenges of predicting pesticide exposure of honey bees at landscape level. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.
- SMART, M.; PETTIS, J.; RICE, N.; et al. Linking Measures of Colony and Individual Honey Bee Health to Survival among Apiaries Exposed to Varying Agricultural Land Use. **PLOS ONE**, v. 11, n. 3, p. e0152685, 2016.
- SPONSLER, D.; JOHNSON, R. Honey bee success predicted by landscape composition in Ohio, USA. **PeerJ**, v. 3, p. e838, 2015.
- SPONSLER, D. B.; GROZINGER, C. M.; RICHARDSON, R. T.; et al. A screening-level assessment of the pollinator-attractiveness of ornamental nursery stock using a honey bee foraging assay. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, 2020.
- ST. CLAIR, A. L.; SURESH, S.; DOLEZAL, A. G. Access to prairie pollen affects honey bee queen fecundity in the field and lab. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, 2022.

- ST. CLAIR, A. L.; ZHANG, G.; DOLEZAL, A. G.; et al. Agroecosystem landscape diversity shapes wild bee communities independent of managed honey bee presence. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 327, p. 107826, 2022.
- STEINMANN, N.; CORONA, M.; NEUMANN, P.; et al. Overwintering Is Associated with Reduced Expression of Immune Genes and Higher Susceptibility to Virus Infection in Honey Bees. **PLOS ONE**, v. 10, n. 6, p. e0129956, 2015.
- STEWART, A. B.; SRITONGCHUAY, T.; TEARTISUP, P.; et al. Habitat and landscape factors influence pollinators in a tropical megacity, Bangkok, Thailand. **PeerJ**, v. 6, p. e5335, 2018.
- VANDERPLANCK, M.; MARTINET, B.; CARVALHEIRO, L. G.; et al. Ensuring access to high-quality resources reduces the impacts of heat stress on bees. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 2019.
- VAUDO, A. D.; PATCH, H. M.; MORTENSEN, D. A.; et al. Macronutrient ratios in pollen shape bumble bee (*Bombus impatiens*) foraging strategies and floral preferences. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 28, 2016.
- VON BÜREN, R. S.; OEHEN, B.; KUHN, N. J.; et al. High-resolution maps of Swiss apiaries and their applicability to study spatial distribution of bacterial honey bee brood diseases. **PeerJ**, v. 7, p. e6393, 2019.
- WEEKERS, T.; MARSHALL, L.; LECLERCQ, N.; et al. Dominance of honey bees is negatively associated with wild bee diversity in commercial apple orchards regardless of management practices. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 323, p. 107697, 2022.
- WILLCOX, B. K.; HOWLETT, B. G.; ROBSON, A. J.; et al. Evaluating the taxa that provide shared pollination services across multiple crops and regions. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, 2019.
- WILLIAMSON, E.; GROOM, S.; HOGENDOORN, K. A new method to sample DNA from feral honey bee hives in trees. **Transactions of the Royal Society of South Australia**, v. 143, n. 1, p. 92–96, 2018.
- WINTERMANTEL, D.; LOCKE, B.; ANDERSSON, G. K. S.; et al. Field-level clothianidin exposure affects bumblebees but generally not their pathogens. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, 2018.
- WOODGATE, J. L.; MAKINSON, J. C.; LIM, K. S.; et al. Life-Long Radar Tracking of Bumblebees. **PLOS ONE**, v. 11, n. 8, p. e0160333, 2016.
- WU, P.; TSCHARNTKE, T.; WESTPHAL, C.; et al. Bee abundance and soil nitrogen availability interactively modulate apple quality and quantity in intensive agricultural landscapes of China. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 305, p. 107168, 2021.
- WU, Y.-Y.; LUO, Q.-H.; HOU, C.-S.; et al. Sublethal effects of imidacloprid on targeting muscle and ribosomal protein related genes in the honey bee *Apis mellifera* L. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.

XIE, Z.; PAN, D.; TEICHROEW, J.; et al. The Potential Influence of Bumble Bee Visitation on Foraging Behaviors and Assemblages of Honey Bees on Squash Flowers in Highland Agricultural Ecosystems. **PLOS ONE**, v. 11, n. 1, p. e0144590, 2016.

XIE, Z.; WANG, J.; PAN, D.; et al. Landscape-modified concentration effect and waylaying effect of bees and their consequences on pollination of mass-flowering plants in agricultural ecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 280, p. 24–34, 2019.

ZOU, Y.; BIANCHI, F. J.J.A.; JAUKER, F.; et al. Landscape effects on pollinator communities and pollination services in small-holder agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 246, p. 109–116, 2017.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA LOCALIZAÇÃO DE APIÁRIOS E EFEITOS DA BARREIRA VEGETAL SOBRE A COMPOSIÇÃO DE MÉIS PRODUZIDOS EM UMA REGIÃO DE AGRICULTURA INTENSIVA

RESUMO

O oeste do Paraná possui uma paisagem majoritariamente agrícola, com áreas de Mata Atlântica remanescente ou restabelecida. Méis produzidos em regiões com diversidade botânica oferecem maior disponibilidade de compostos bioativos, e consequentemente, maior potencial antioxidante. Desta forma, este estudo analisou a composição de açúcares e antioxidantes em méis produzidos em apiários dentro e fora da mata, para avaliar os efeitos da barreira vegetal sobre o mel produzido em distintas estações do ano. Os apiários foram estabelecidos em duas configurações, dentro da mata, dispondo de uma barreira vegetal com um raio de mais de 100 metros, e fora da mata, sem essa barreira. Avaliaram-se os teores de compostos fenólicos, flavonóides, capacidade antioxidante e poder de redução, além de quantificar os açúcares presentes nos méis de cada apiário durante as três estações de safra no ano de 2024. No mel produzido no verão, todos os resultados agrupam-se em faixas mais estreitas, com menor ocorrência de valores atípicos e média de antioxidantes mais baixa que nas demais estações. O mel de outono teve os maiores valores de compostos bioativos e potencial antioxidante, com flavonóides totais tendo valores mais elevados dentro da mata, chegando a 0,1896 mg EQ/g de mel, e com maior razão glicose/frutose. Na primavera, observou-se maior homogeneidade dos resultados, com valores próximos aos do mel de verão, com exceção de rafinose e sacarose, que tiveram maiores concentrações dentre as coletas, majoritariamente entre 30 e 40 g/kg de mel, e 100 e 140 g/kg de mel, respectivamente. A razão glicose/frutose também diferiu nessa última coleta, concentrando-se em torno de 0,8 e evidenciando que o mel da primavera possui menor tendência a cristalização. Observou-se uma diferenciação entre os méis de cada coleta em cada apiário, diferença que expõe haverem características intrínsecas de cada microrregião em que o apiário está inserido, e essas características atribuem ao mel, a identidade do mesmo atrelada a cada apiário. Por fim, observou-se maior diversidade nos méis produzidos em apiários dentro da mata com a barreira vegetal, sendo que para todas as coletas, os resultados para essa configuração foram mais dispersos.

PALAVRAS-CHAVE: Apicultura, Mata Atlântica, Mel, Açúcares, Antioxidantes.

2.1 INTRODUÇÃO

Uma diversidade de parâmetros físico-químicos e biológicos correspondem à qualidade do mel, e fatores como a genética das abelhas, características ambientais, e manejos apícolas são responsáveis por essas características. A composição do mel, especificamente os teores de compostos bioativos e antioxidantes, além da concentração de açúcares, são parâmetros relacionados com fatores ambientais e mensuram a qualidade dos méis produzidos em cada ambiente.

O mel é um alimento importante para o fornecimento de antioxidantes a dieta humana, e a atividade antioxidante do mel tem uma relação direta com a localização geográfica dos apiários e espécies botânicas que as abelhas visitam para a coleta de néctar (SHAKOORI et al., 2024). Diferentes regiões, com composições botânicas e localizações geográficas distintas, geram méis com diferentes capacidades antioxidantes, e as estações também exercem influência sobre as concentrações de compostos bioativos (ALCOLÉA et al., 2023).

O teor de compostos fenólicos e flavonóides tem relação direta com a cor do mel. Em um estudo com amostras de mel do sul do Brasil, Rizelio et al. (2020) perceberam que valores de fenólicos, flavonóides, DPPH, ABTS e FRAP estão diretamente ligados à intensidade de cor da amostra. A diversidade de espécies vegetais comuns da Mata Atlântica produzem méis com tendência ao escurecimento, com características de aromas amadeirados e frescos, e consistência líquida que expõe maior teor de frutose (CABRERA e SANTANDER, 2022).

Os teores de açúcar no mel estão ligados à origem botânica do mesmo. Baloš et al. (2019) avaliaram o perfil de açúcares em méis de diferentes origens florais da Sérvia, e observaram que méis multiflorais apresentaram maior teor de frutose. Concentrações maiores de frutose, caracterizam o mel como menos viscoso, e com menor probabilidade de cristalização durante o armazenamento (ALGHAMDI et al., 2020).

Méis com teores de glicose superior à frutose cristalizam mais rapidamente devido à menor solubilidade da glicose, razões glicose/frutose superiores a 1,2 tendem a apresentar cristalização mais rápida. Scripcã et al. (2019) observaram que méis de pastagens, com diversidade floral, possuem maior concentração e diversidade de compostos fenólicos do que méis monoflorais, além de observarem que em algumas pastagens o açúcar mais abundante é a glicose, enquanto em outras é a frutose, já para méis de canola (*Brassica napus* L.), essa razão foi de até 2,3.

As fontes botânicas apresentam efeito mais pronunciado sobre as características do mel, do que condições de processamento (HEMPATTARASUWAN et al., 2019). A diversidade de espécies botânicas é ligada a questões geográficas, como microclima e paisagem do raio apícola. Türk e Şen (2021) confirmaram que os índices de propriedades químico-físicas do mel turco estão atrelados a latitude em que o mel é produzido.

Em um estudo sobre propriedades físico-químicas e de compostos bioativos de méis romenos, Iosageanu et al. (2022) observaram que teores de açúcares, compostos fenólicos e flavonóides variavam em méis, de acordo com a localização geográfica e a diversidade botânica. Aminoácidos e metabolômicos de diferenciação e qualidade do mel foram quantificados em amostras de mel do sul do Brasil, e observou-se uma correlação desses valores com o clima, a floração, as altitudes e as estações em que os méis foram produzidos (BORGES et al., 2022).

Em um estudo realizado na região oeste do Paraná, Moraes et al. (2019) observaram que cada localidade da região possui sua especificidade, com até 71 tipos polínicos sendo encontrados em méis de uma localidade. Em um estudo com méis de 14 municípios dessa região, Galhardo et al. (2021) tiveram como resultado de análises, concentrações relevantes de compostos fenólicos, flavonóides e atividade antioxidante, o que confere ao mel regional, propriedades nutracêuticas.

Mesmo em anos distintos, méis com o aspecto geográfico de local de origem apresentam correlação entre parâmetros físico-químicos (CARVALHO, 2022). As características dos méis, bem como a diversidade botânica presente nos méis, depende, além da localização de apiários, da época de coleta, das cultivares agrícolas que avizinham-se aos apiários, e das matas nativa ou introduzidas em cada região (TONELLI et al., 2022).

Com base nessas informações, pretendeu-se a quantificação de açúcares e de antioxidantes em méis coletados nas três estações de safra, sendo a primavera, o outono e o inverno, em apiários localizados dentro e fora da mata, e correlacionar esses resultados com a presença da barreira vegetal.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Área de estudo

A localização convencional para instalação de apiários leva em conta critérios específicos, como a facilidade de acesso, disponibilidade de água, distância segura a pessoas e a animais. Mas em locais de agricultura intensiva, os fatores relativos à interferência agrícola não estão presentes dentre os critérios convencionais.

O estudo foi desenvolvido no município de São Miguel do Iguçu - PR (25°20'53"S; 54°14'16"W), que é predominantemente agrícola, e tem em sua composição paisagística, áreas de agricultura intensiva e áreas de Mata-Atlântica que oferecem uma abundância e diversidade floral para o forrageio das abelhas. Para entender a localização do apiário e sua influência para com a qualidade do mel, é crucial avaliar a paisagem em torno dos apiários, as características do acesso, e realizar o georreferenciamento do raio de forrageamento das abelhas.

2.2.1.1 Paisagem e Acesso

Neste estudo estabeleceu-se 10 apiários experimentais, cada um com 5 colmeias Langstroth, considerando a paisagem em que as colmeias foram posicionadas e o raio de forrageio apícola. Para avaliar a influência da localização do apiário para com a qualidade do mel, as posições dos apiários foram classificadas em dois grupos, o grupo dentro da mata, com no mínimo 100 metros de raio em barreira vegetal entre o apiário e áreas agrícolas, e o grupo fora da mata, sem essa barreira.

Os apiários 1 - Mata Ciliar Itaipu - São José (1-MCI-SJ) e 2 - Limite Mata Itaipu - São José (2-LMI-SJ), estão situados a uma distância de aproximadamente 330 metros, possuindo a mesma estrada de acesso. Porém com a distinção principal de o apiário 1-MCI-SJ estar localizado bem próximo a estrada, enquanto o apiário 2-LMI-SJ tem acesso apenas através de uma trilha de 400 metros em meio a mata, conforme observa-se na Figura 2.1. A estrada que dá acesso a ambos os apiários é uma estrada de lavoura, sem cascalho, e em dias chuvosos, devido a lama, não se pode acessá-la.

Os apiários 3 - Mata de Reserva Legal - Aurora (3-MRL-AU) e 4 - Vegetação Ribeirinha Aberta - Sanga Funda (4-VRL-SF), estão situados a uma distância de aproximadamente 7 quilômetros. Sendo o apiário 3-MRL-AU, localizado no interior da mata, a trilha que deve ser percorrido a pé é de aproximadamente 420 metros. Já o apiário 4-VRL-SF é de fácil acesso, estando a apenas 80 metros distante da estrada (Figura 2.2).



Figura 2.1: Imagem de satélite da paisagem entorno dos apiários 1-MCI-SJ e 2-LMI-SJ
Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth



Figura 2.2: Imagens de satélite das paisagens entorno dos apiários 3-MRL-AU e 4-VRL-SF
Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth

O apiário 5 - Mata Ciliar Itaipu - Santa Cruz (5-MCI-SC) está situado em meio a mata, tendo acesso por trilha. O apiário 6 - Limite Mata Itaipu - Santa Cruz (6-LMI-SC), está a uma distância de 500 metros de uma estrada sem cascalho, tendo seu acesso apenas por uma trilha em meio a lavoura. A distância entre os apiários 5-MCI-SC e 6-LMI-SC é de 150 metros. A paisagem de acesso a ambos os apiários pode ser observada na Figura 2.3. Como a estrada de acesso não é cascalhada, o acesso a estes apiários só é possível em dias secos.



Figura 2.3: Imagem de satélite da paisagem entorno dos apiários 5-MCI-SC e 6-LMI-SC
Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth

O apiário 8 - Campo de Pastagem de Gado - Laranjita (8-CPG-LA) está localizado em uma área de pastoreio de bovinos, em terreno íngreme, com 180 metros de distância da estrada. O apiário 7 - Mata de Reserva Legal - Laranjita (7-MRL-LA), está a uma distância de 200 metros do 8-CPG-LA, sendo 70 metros de potreiro íngreme, uma cerca que precisa ser atravessada, e mais 130 metros de trilha em meio a mata acidentada. A paisagem em torno desses apiários pode ser observada na Figura 2.4.

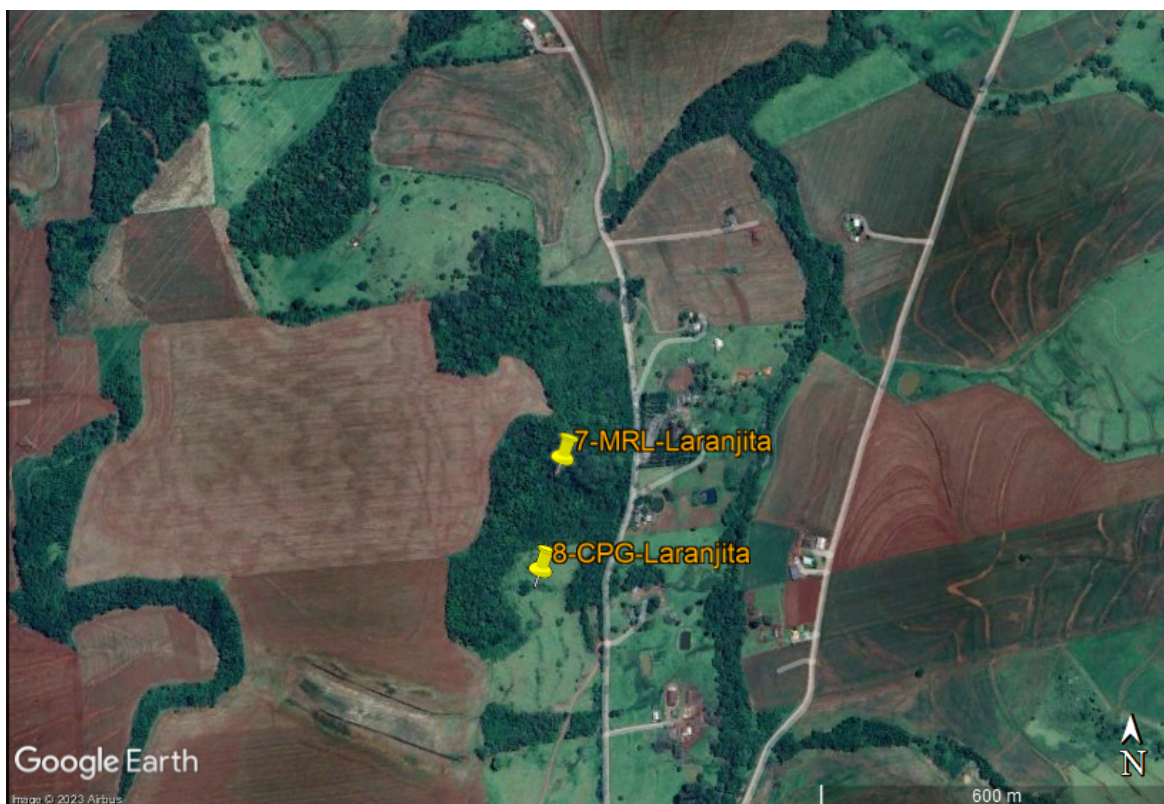


Figura 2.4: Imagem de satélite da paisagem entorno dos apiários 7-MRL-LA e 8-CPG-LA
Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth

O apiário 9 - Mata de Reserva Legal - Chapadão (9-MRL-CH) localiza-se a 500 metros distante da estrada de acesso, sendo 150 metros de lavoura e 350 metros de trilha em meio a mata. Já no apiário 10 - Vegetação Ribeirinha Eucalipto - Chapadão (10-VRE-CH), tem estrada de lavoura chegando a 20 metros, porém, como o terreno é íngreme e a estrada não é cascalhada, o acesso só é possível em dias secos. Os apiários 9-MRL-CH e 10-VRE-CH estão situados a uma distância de aproximadamente 3 quilômetros. A Figura 2.5 expõe a paisagem circundante a estes apiários.



Figura 2.5: Imagens de satélite das paisagens entorno dos apiários 9-MRL-CH e 10-VRE-CH
 Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth

2.2.1.2 Georreferenciamento, Composição dos Raios Apícolas e Áreas de Forrageio

As abelhas melíferas (*Apis mellifera*) compensam a menor diversidade da paisagem aumentando o seu alcance de forrageamento, a fim de manter a quantidade e diversidade de pólen (DANNER et al., 2017). De acordo com a A.B.E.L.H.A. (2020), o raio de forrageio de cada apiário é de 1,5 km, em que cada abelha campeira pode coletar alimento em até 50 espécies de plantas diferentes.

Para definir quantas colmeias cada apiário comporta, foi necessário realizar o mapeamento e identificar a composição da paisagem em um raio de 1,5 km do apiário. Ao realizar esta georreferenciação, tem-se a área de flora nativa que recebe cobertura de polinização e conseqüentemente, tem o bioma favorecido pela instalação do apiário.

O georreferenciamento foi realizado manualmente através do Google Earth (2009), definindo as áreas de mata, áreas alagadas e áreas urbanas, e o excedente sobre a área delimitada no raio de domínio é considerada área agrícola. Escolheu-se a realização manual do georreferenciamento pelo fato de todas as áreas serem conhecidas presencialmente, e sites comumente empregados para isso estarem apresentando divergências com a realidade.

A Figura 2.6 ilustra o georreferenciamento realizado sobre os apiários situados no interior de matas, que são os apiários 1-MCI-SJ e 5-MCI-SC, na mata ciliar ao lago de Itaipu, e sobre os apiários 3-MRL-AU, 9-MRL-CH e 7-MRL-LA, em matas de reserva legal. Esses apiários dispõem de forrageio sobre áreas de flora nativa e sobre áreas agrícolas, além de áreas alagadas ou urbanas.

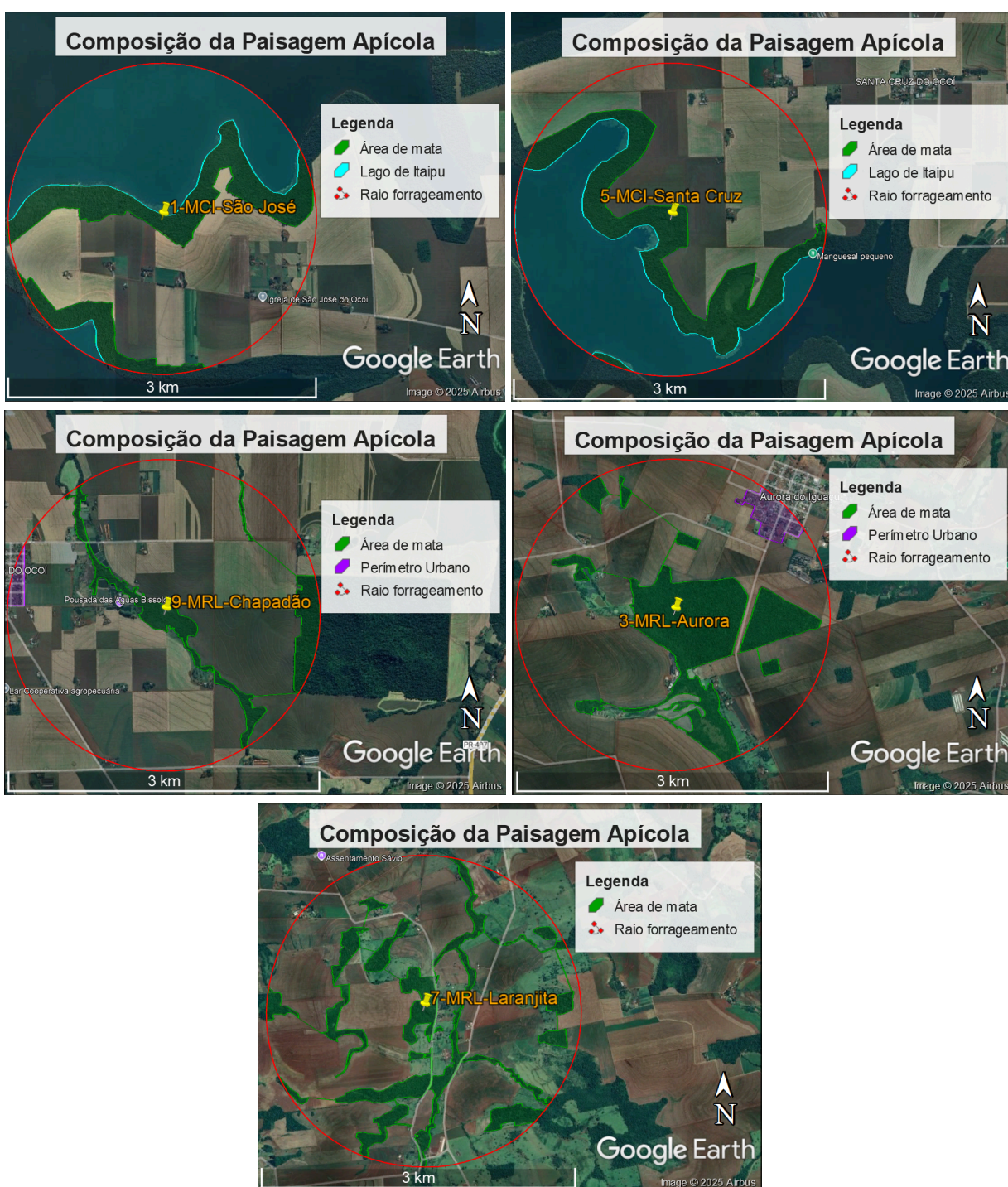


Figura 2.6. Georreferenciamento dos cinco apiários localizados dentro da mata.
 Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth

Em relação aos apiários situados em locais sem a proteção vegetal das matas, a Figura 2.7 ilustra o georreferenciamento dos mesmos, que são os apiários 2-LMI-SJ e 6-LMI-SC no limite da mata ciliar ao lago de Itaipu, e sobre os apiários 4-VRA-SF, 10-VRE-CH e 8-CPG-LA, em encostas de rios ou poteiros. Assim como os apiários localizados no interior de matas, estes também dispõem de forrageio sobre áreas de flora nativa e sobre áreas agrícolas, além de áreas alagadas ou urbanas.

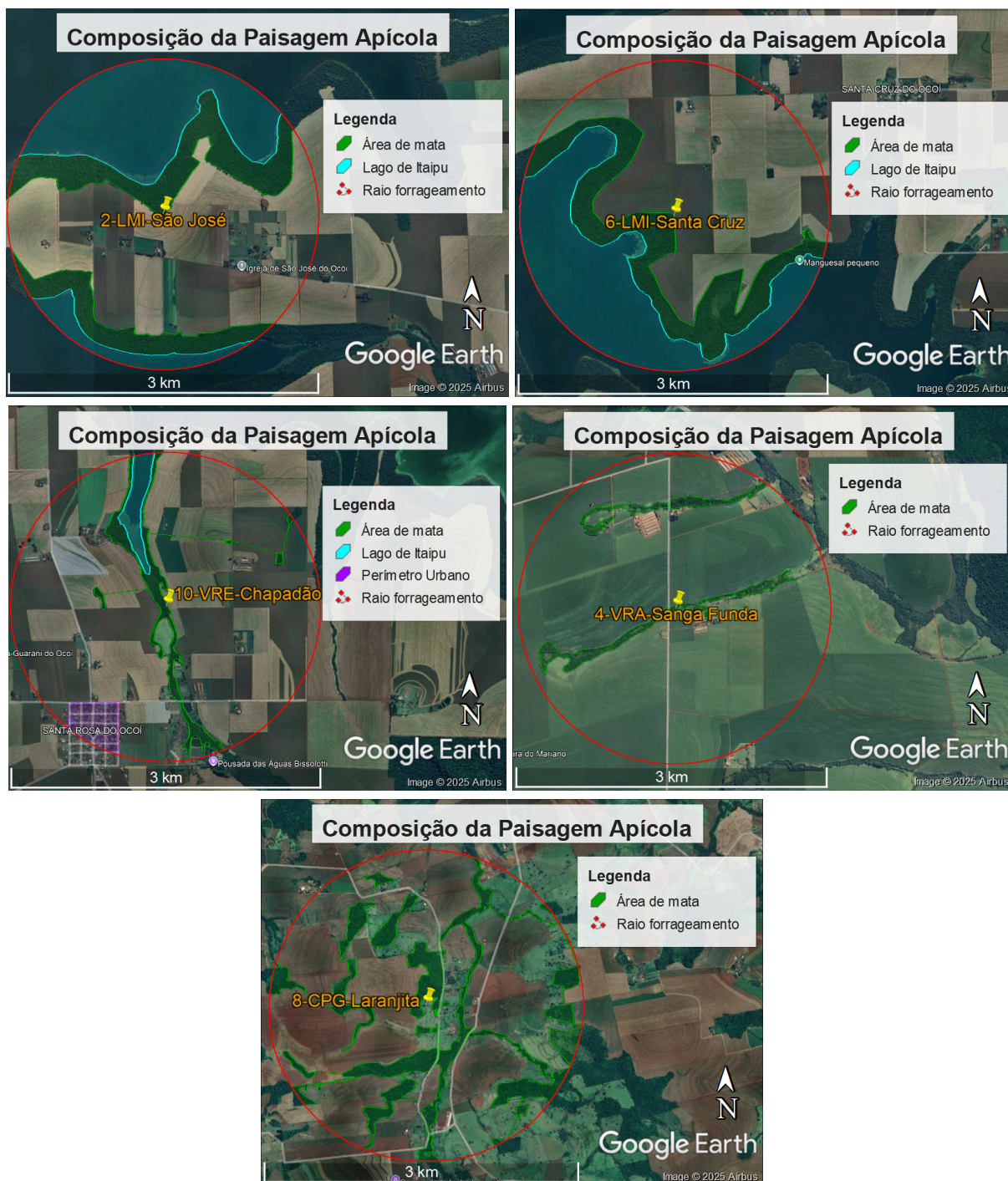


Figura 2.7. Georreferenciamento dos cinco apiários localizados fora da mata.

Fonte: Elaborado pelo autor através do Google Earth

O Quadro 1 expõe a composição da paisagem sob domínio de forrageio de cada apiário, dimensionando assim, as áreas disponíveis para forrageamento dos apiários no bioma regional e nas culturas agrícolas desenvolvidas.

Quadro 1. Composição da paisagem de forrageio no raio de domínio dos apiários

Apiário	Área (Ha)				Características	
	Mata	Agrícola	Urbana	Alagado	Distância da água (m)	Paisagem
1-MCI_SJ	128,3	319,0	0	259,2	<50 m	Ciliar/lago/agrícola
2-LMI_SJ	143,4	359,9	0	203,3	350 m	Ciliar/lago/agrícola
3-MRL_AU	140,0	550,2	16,1	0,0	300 m	Reserva/agrícola
4-VRA_SF	31,9	674,9	0	0,0	<50 m	Ciliar/agrícola
5-MCI_SC	132,3	322,6	0	252,0	<50 m	Ciliar/lago/agrícola
6-LMI_SC	129,2	364,9	0	212,6	250 m	Ciliar/lago/agrícola
7-MRL_LA	78,8	627,9	0	0	<50 m	Reserva/Ciliar/pastagens/agrícola
8-CPG_LA	80,2	626,4	0	0	<50 m	Reserva/Ciliar/pastagens/agrícola
9-MRL_CH	53,5	647,5	5,9	0	<50 m	Ciliar/agrícola
10-VRE_CH	30,2	640,6	18,7	17,3	<50 m	Ciliar/agrícola

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024

Pode-se observar no Quadro 1, as distâncias dos apiários até a fonte de água, bem como as características de paisagens predominantes em cada apiário. As fontes de água para apiários não devem estar situadas a distâncias superiores a 500 metros (ABELHA, 2024), desta forma todos os apiários têm a disponibilidade de fontes de água a distâncias adequadas.

As paisagens compreendem, além de áreas agrícolas em todos os raios de domínio, áreas de mata ciliar de rios ou do lago de Itaipu, áreas de mata de reserva legal, áreas de potreiro de gado, e áreas de alagado. Todos os apiários apresentam em seu raio de domínio, grandes áreas agrícolas e grandes áreas de flora nativa, desempenhando crucial trabalho de polinização.

Em áreas de menor percentual de flora nativa, essas matas são mais fragmentadas, e conseqüentemente nelas, há uma menor presença de polinizadores naturais. De modo que os apiários nessas regiões, desempenham de maneira ímpar, a polinização da flora para fertilidade das sementes e alimentação da fauna, contribuindo com a manutenção do bioma.

2.2.2 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas três vezes neste período, sendo a primeira coleta, realizada no início de fevereiro de 2024, e respectiva ao mel produzido no verão. A segunda coleta foi realizada no final de maio do mesmo ano, corresponde ao mel produzido no decorrer do outono. Por fim, a terceira coleta foi procedida em meados de novembro, sendo esta referente ao mel produzido no início da primavera.

Após coletadas diretamente da colmeia Langstroth em frascos coletores de poliestireno cristal de 80 mL, as amostras de favos operculados foram armazenadas em temperatura ambiente sob abrigo de luz no laboratório, posteriormente sendo realizadas análises de capacidade antioxidante e poder de redução, análises de compostos fenólicos e flavonoides, além da quantificação de açúcares presentes no mel. A unidade amostral estudada foi de 50 colmeias, com variações de amostras entre coletas dada pela disponibilidade de mel em cada colmeia no período de coleta.

2.2.3 Análises

2.2.3.1 Preparo de amostra para a análise de antioxidantes

Para as amostras destinadas às análises de antioxidantes, prepararam-se soluções de 10% de mel (m/v) em água destilada, adicionando-se 1 g de mel em um balão volumétrico de 10 mL e solubilizando com auxílio de vórtex por 30 s. Para melhor precisão dos resultados, a massa pesada de cada amostra foi coletada para se calcular os valores reais de cada análise. Sendo as amostras frescas e mantidas à temperatura ambiente, não houve necessidade de protocolo de descongelamento ou des cristalização.

2.2.3.2 Compostos Fenólicos

Para análise de compostos fenólicos totais, seguiu-se a metodologia de Singleton e Rossi (1965) com adaptações propostas por Pedroso et al. (2024), em que é utilizado o ácido gálico como fenólico equivalente (mg EAG/g de mel). Baseando-se na absorvância da solução em um comprimento de onda de 725 nm, que mensura a presença de substâncias reduzidas pelo reagente de Folin-Ciocalteu.

2.2.3.3 *Flavonóides*

Para detecção de flavonoides totais, seguiu-se a adaptação elaborada por Pedroso et al. (2024) para o método proposto por Dowd (1959). Utilizando espectrofotometria para a quantificação de um complexo colorido, formado através da reação de complexação do antioxidante com o metal alumínio, que é observada na absorbância em comprimento de onda de 425 nm. Como equivalente de flavonóides totais para complexação de alumínio, utilizou-se o composto quercetina (mg EQ/g de mel).

2.2.3.4 *Potencial antioxidante utilizando DPPH*

Baseando-se em uma metodologia proposta por Kirigaya et al. (1971), melhorada por Brand-Williams et al. (1995) e com adaptações desenvolvidas no laboratório em que procederam-se às análises (PEDROSO, et al., 2024), o potencial antioxidante da amostra foi determinado com o ensaio da captura do radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), através da reação de oxidação do DPPH com a amostra analisada por equivalente trolox ($\mu\text{g ET/g}$ de mel). O potencial antioxidante da amostra foi mensurado com base na faixa de mudança de cor púrpura ao amarelo, analisando a absorbância da solução em 517 nm.

2.2.3.5 *Atividade antioxidante utilizando ABTS*

A atividade antioxidante da amostra também foi analisada seguindo a metodologia descrita por Rice-Evans e Miller (1994) e adaptada por Pedroso et al. (2024). Com o método envolvendo o radical 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS), em que a atividade antioxidante é mensurada através de espectrofotômetro, observando a absorbância da solução em um comprimento de onda de 734 nm. Resultado também expresso em equivalente trolox ($\mu\text{g ET/g}$ de mel).

2.2.3.6 *Poder de redução utilizando FRAP*

O poder de redução foi determinado pelo método FRAP (Ferric Reducing Ability Power), seguindo a metodologia de Moon e Shibamoto (2009) com adaptações (PEDROSO et al., 2024). Este teste mede indiretamente a atividade antioxidante da amostra, através de observação da redução do complexo formado pela tripiridiltriazina, complexo que apresenta coloração azul intensa e é avaliado pela absorção da solução em um comprimento de onda de 593 nm. O poder de redução obtido por esse método considera a equivalência de redução do íon Fe^{2+} (mg EFe^{2+} /g de mel)

2.2.3.7 Açúcares

Os açúcares foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a detector de índice de refração (HPLC/IR). Em água ultrapura, preparou-se uma solução estoque contendo os padrões analíticos de frutose ($\geq 99\%$, Sigma Aldrich), glicose ($\geq 99,5\%$, Sigma Aldrich), sacarose ($\geq 99,5\%$, Sigma Aldrich) e rafinose ($\geq 99\%$, Sigma Aldrich) na concentração de 10 mg/mL cada analito. Partindo desta solução, preparou-se a curva analítica com 6 pontos igualmente espaçados na faixa de concentração de 0,5 a 8,0 mg/mL. Para o preparo de amostras, adaptando metodologia de Macrae (1982), realizaram-se soluções de 1% de mel (m/v) em acetonitrila:água (1:1), soluções que na sequência foram filtradas em filtro de seringa PTFE 0,22 μm hidrofílico e armazenadas em vial 2 mL a $-18\text{ }^\circ\text{C}$.

Para análise cromatográfica, com base em pesquisas recentes (ALGHAMDI et al., 2020; TOSUN e KELES, 2021) e o procedimento seguido pelo laboratório parceiro LabCA-DV, adotou-se em um sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC), modelo Dionex Ultimate 3000 série (Thermo 152 Fisher Scientific) acoplado a um detector de Índice de Refração modelo RefractoMax 521 (Thermo Dionex ERC), com coluna Aminex HPX-87H (Bio-Rad) 9 μm , 7,9 x 300 mm acondicionada a $40\text{ }^\circ\text{C}$, fase móvel composta por 955 mL de H_2SO_4 3 mmol/L e acetonitrila, em modo de eluição isocrático com fluxo de 0,6 mL/min, volume de injeção de 100 μL , detector acondicionado a $35\text{ }^\circ\text{C}$ e corrida de 30 minutos. O software utilizado para tratamento de dados cromatográficos foi o Chromeleon 7.

2.2.4 Tratamento de Dados

Procedeu-se para as análises espectrofotométricas, uma análise de componentes principais (PCA) para observar a distribuição das amostras, apiários e coletas nos quadrantes. A PCA foi realizada no software PAST 4.03 (HAMMER et al., 2001), que é um software livre para análise de dados científicos. Os dados para plotagem da PCA foram normalizados utilizando de distribuição normal padrão de cada análise em triplicata para cada amostra. Também utilizou-se da análise de boxplot para as análises espectrofotométricas e determinação de açúcares. Empregou-se o boxplot para avaliar a variação dos parâmetros entre as medidas em triplicata das amostras de cada colmeia nos 10 apiários, visando observar distinções predominantes entre apiários e coletas. A plotagem dos boxplot foi no software Microsoft Excel®, versão Microsoft Office Professional Plus 2019.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar as respostas dos parâmetros analisados em relação aos apiários e suas configurações de localização e paisagem, bem como em relação às coletas, procedeu-se a PCA com os cinco parâmetros de compostos bioativos analisados, os resultados de compostos fenólicos, flavonoides, DPPH, ABTS e FRAP. Com essa PCA, pode-se visualizar a distribuição das amostras entre quadrantes, e assim, avaliar uma possível separação das amostras coletadas dentro e fora da mata, com relação às diferentes coletas e região de localização dos apiários. Na Figura 2.8, observa-se a distribuição das amostras nos quadrantes do PCA.

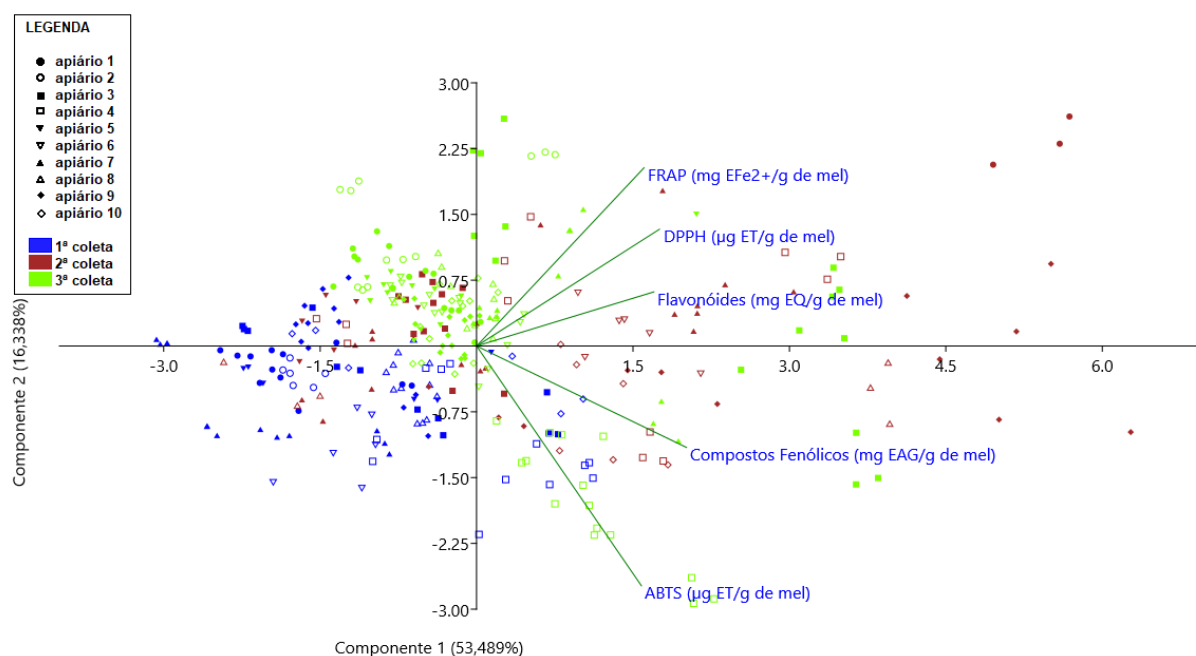


Figura 2.8. PCA dos dados de análises espectrofotométricas de méis.

Os apiários 1, 3, 5, 7 e 9 foram colocados dentro da mata, e os apiários 2, 4, 6, 8 e 10 fora da mata.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A separação mais eminente é observada entre a primeira e terceira coleta, de modo que a primeira está mais agrupada no 3º quadrante da PCA, e a terceira coleta predominantemente localizada no 2º quadrante (Figura 2.8). Ambos os quadrantes correspondem aos menores níveis somados de compostos bioativos, o que não significa que estas amostras disponham dos menores valores individuais desses compostos, apenas da somatória.

A segunda coleta, correspondente a méis produzidos do início do outono, teve sua distribuição em todos os quadrantes devido à heterogeneidade das amostras, mas com amostras majoritariamente localizadas no 1º e 4º quadrantes, que são respectivos aos valores mais altos dos parâmetros de compostos bioativos analisados. O 1º quadrante, que expõe

amostras com a maior somatória de teor de flavonóides, potencial antioxidante e poder de redução, contém apenas amostras da segunda e terceira coleta, expondo que a somatória desses parâmetros é mais diminuta em méis produzidos no verão, indiferente aos quesitos de localização do apiário.

A fim de embasar essa característica extraída do 1º quadrante, expõe-se que o poder de redução teve uma média de 4,23 $\mu\text{g ET/g}$ de mel de verão, e para outono e primavera, teve média de 5,24 e 9,13 $\mu\text{g ET/g}$ de mel, respectivamente. Já em relação ao poder de redução, para o verão a média foi de 1,92 $\text{mg EFe}^{2+}/\text{g}$ de mel, contra 2,88 EFe^{2+}/g de mel de outono e 2,67 EFe^{2+}/g de mel de primavera.

Entre as configurações dentro e fora da mata, na localização dos apiários, não houve uma discriminação explícita, sendo observadas variações aleatórias nas respostas das cinco análises para os 10 apiários, em todas as coletas. Porém no 4º quadrante, que reflete os resultados da maior somatória de compostos fenólicos e atividade antioxidante, observa-se a dominância de amostras oriundas de apiários fora da mata.

Os componentes 1 e 2 da PCA, explicam respectivamente, 53,489% e 16,338% da variação dos parâmetros analisados. Todos os resultados contribuíram positivamente para com o componente 1. Já para o componente 2, os resultados de compostos fenólicos e ABTS contribuíram negativamente. Os outros três componentes gerados na PCA explicam um percentual inferior a 15%, sem apresentar classificação das amostras entre os quadrantes, e portanto não apresentaram expressiva relevância para a análise. O componente 1 é o que melhor descreve os parâmetros observados, explicando 40,69% do ABTS, 41,33% de FRAP, 43,75% de flavonóides, 45,14% de DPPH e 51,80% de compostos fenólicos.

Para observar cada análise individualmente e assim extrair maior separação entre apiários, procedeu-se o boxplot de cada uma das cinco análises de antioxidantes separadamente, agrupando as amostras entre a configuração do apiário, dentro (D) e fora (F) da mata, e entre a primeira (1ª), segunda (2ª) e (3ª) terceira coletas. Na Figura 2.9, pode ser observado o boxplot de compostos fenólicos totais nos méis.

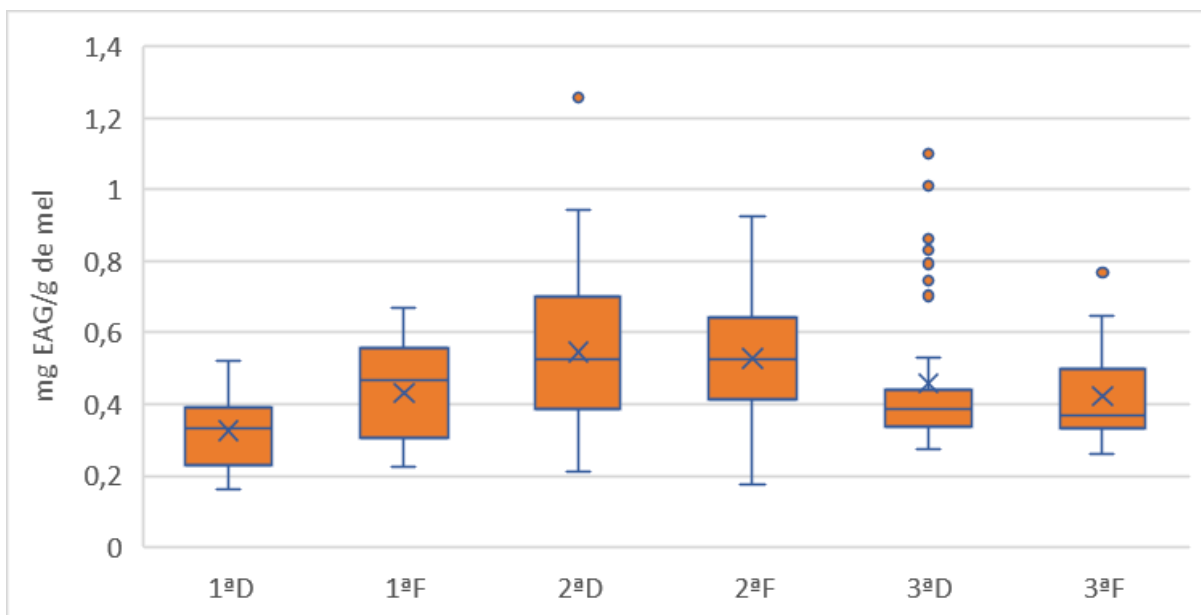


Figura 2.9. Boxplot dos teores de compostos fenólicos (mg EAG/g de mel) em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observando a Figura 2.9, percebe-se que para fenólicos totais, na primeira coleta os resultados de todos os apiários dentro da mata foram agrupados entre 0,1 e 0,6 mg EAG/g de mel. Atentando-se ainda à primeira coleta, nos apiários dispostos fora da mata, observou-se uma faixa de concentração mais ampla. Essa observação pode ser justificada por fatores intrínsecos a dois apiários fora da mata, como a diversidade de flores disponíveis a ambos ou o microclima, sendo o apiário 4-VRL-SF inserido em uma região de clima mais úmido, e o apiário 10-VRE-CH situado em uma pequena área de silvicultura com eucalipto.

Na segunda coleta, percebe-se que a faixa de distribuição das concentrações de fenólicos totais foi mais ampla para ambas as configurações de localização de apiários. Isso deve-se principalmente à diversidade de espécies em período de floração nos meses anteriores à coleta de maio.

Na terceira coleta, houve a ocorrência de faixas mais estreitas na concentração de compostos fenólicos, mas pode-se observar diversos valores atípicos principalmente na configuração dentro da mata. Dentre esses valores atípicos, 9 são respectivos a colmeias do apiário 3-MRL-AU, que é situado em um microclima mais úmido, e três valores são respectivos a uma colmeia no apiário 7-MRL-LA, situado em paisagem predominante de pastagens. Os valores atípicos da 3ª coleta fora da mata, são respectivos ao apiário 4-VRL-SF, que encontra-se no mesmo microclima do apiário 3. Assim, esses valores atípicos superiores da 3ª coleta são decorrentes de paisagens mais diversificadas, úmidas ou de pastagens.

Em relação a análise de flavonóides, a resposta foi similar a determinação de

fenólicos totais, sendo que a primeira e terceira coletas apresentaram concentrações inferiores de flavonóides totais, porém na terceira coleta observa-se valores atípicos respectivos principalmente ao apiário 3-MRL-AU. Nas três coletas, os apiários dentro da mata apresentaram maiores faixas de concentração de flavonóides, expondo maior diversidade dos fatores nessa configuração de localização. Na Figura 2.10 é exposto o boxplot de flavonóides totais nos méis.

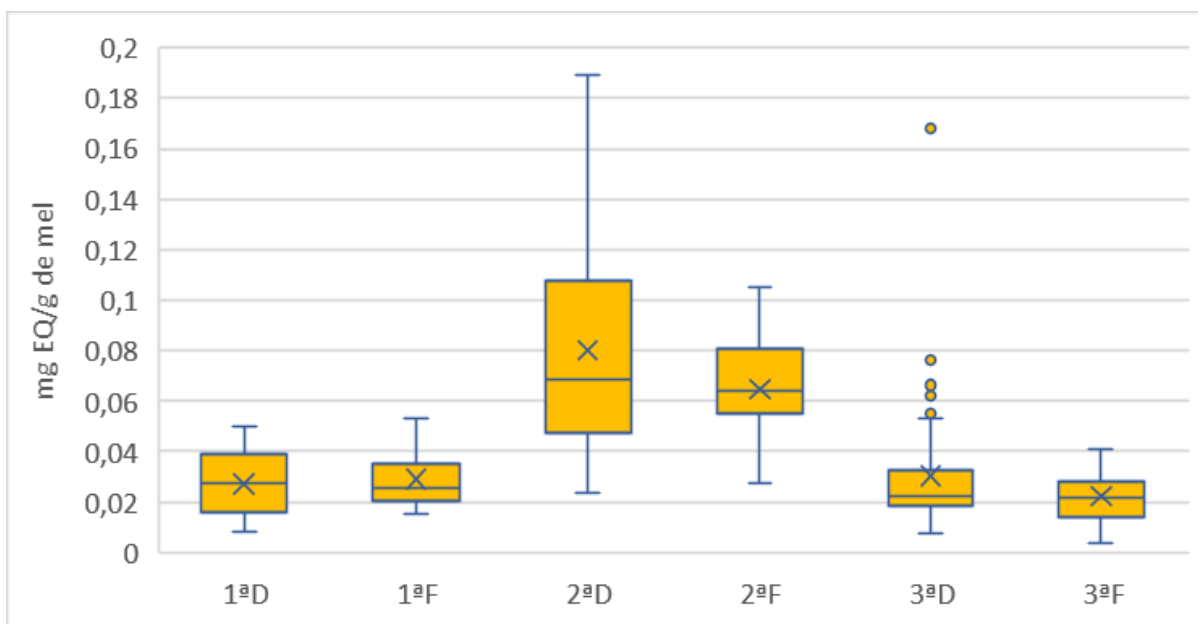


Figura 2.10. Boxplot dos teores de flavonóides (mg EQ/g de mel) em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Além da determinação de fenólicos e flavonóides totais nos méis, pela equivalência de ácido gálico e quercetina, respectivamente, o potencial e atividade antioxidante foram determinados por equivalente de trolox nos ensaios de DPPH e ABTS. As Figuras 2.11 e 2.12 apresentam o boxplot das análises de DPPH e ABTS, respectivamente.

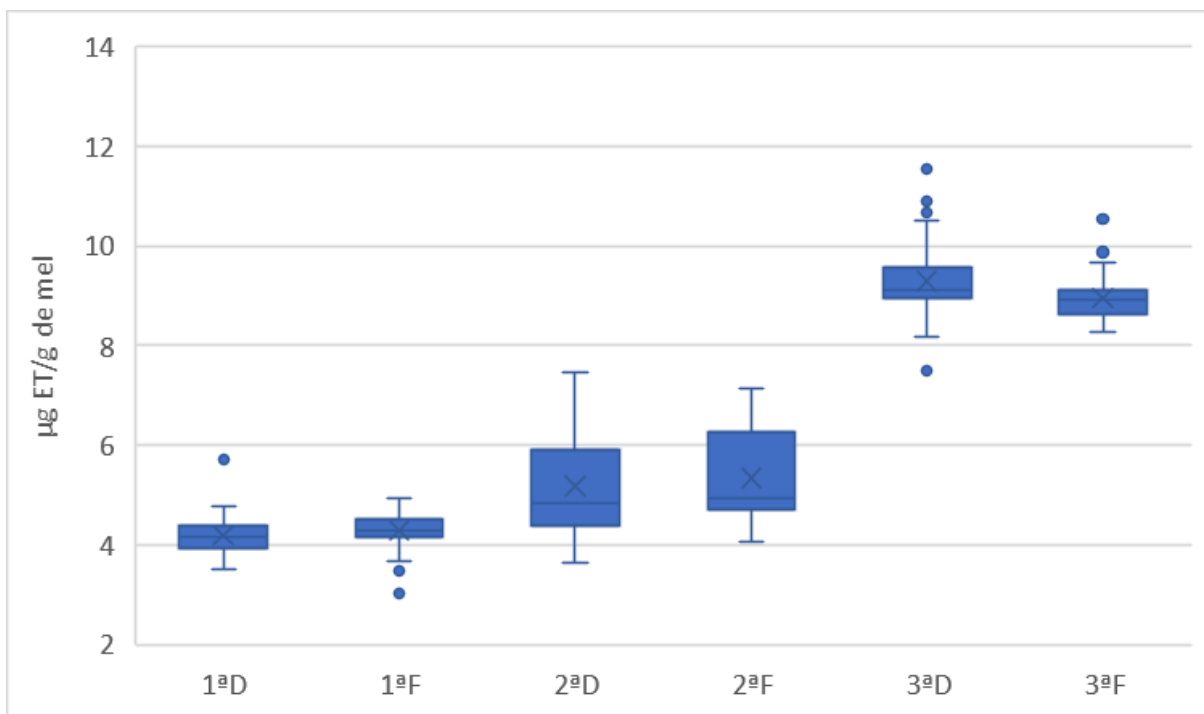


Figura 2.11. Boxplot da captura de DPPH para avaliar o potencial antioxidante ($\mu\text{g ET/g de mel}$) em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

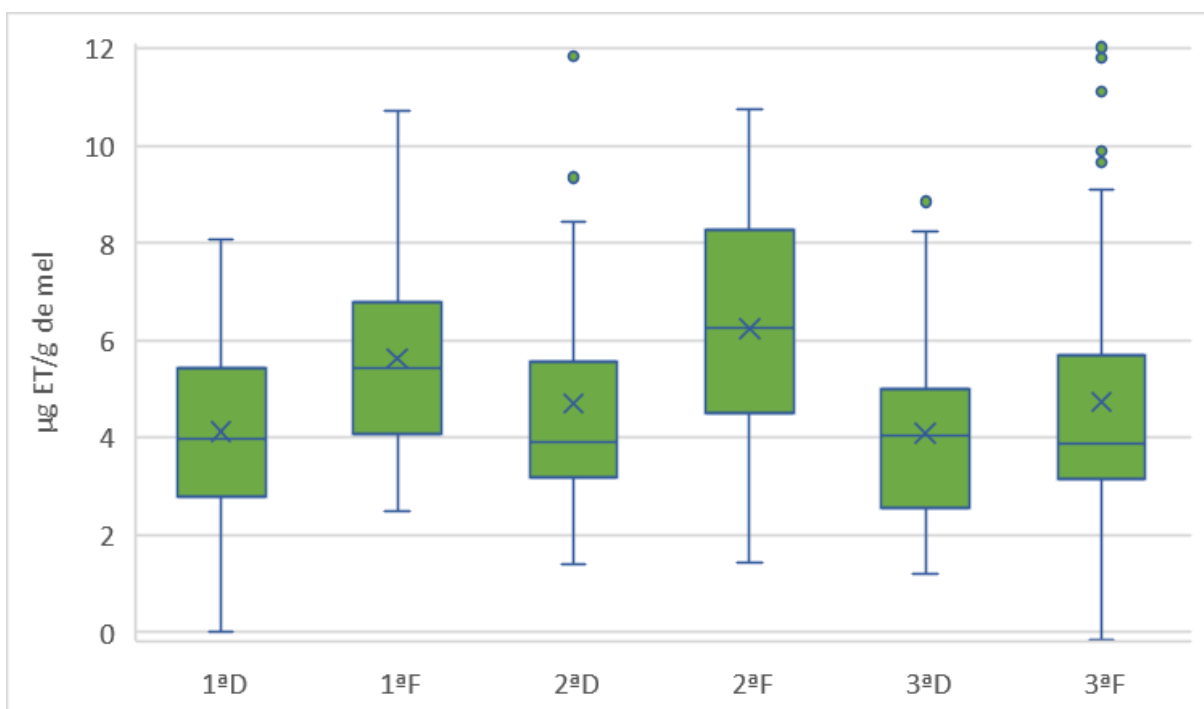


Figura 2.12. Boxplot da capacidade antioxidante ($\mu\text{g ET/g de mel}$) por método ABTS em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observa-se na Figura 2.11, que o potencial antioxidante resultante da análise de captura de DPPH segue a tendência de distribuição da concentração de flavonóides totais entre as configurações dos apiários nas primeira e segunda coletas, mas ocorre uma intensificação do potencial antioxidante na terceira coleta, comportamento oposto ao observado para concentração de flavonóides nas mesmas amostras. Essa observação expõe que devido às características intrínsecas da estação do ano, como espécies vegetais em floração na primavera e temperaturas mais brandas na estação, propiciam um aumento do poder antioxidante avaliado pelo método DPPH, com comportamento inverso para as demais análises de compostos bioativos procedidas.

Já no ensaio de ABTS, observou-se que a capacidade antioxidante teve uma média inferior nos apiários dentro da mata, comparando com os valores de fora da mata em cada coleta. De modo geral, a análise de ABTS não expôs diferenciação entre as coletas, sendo que todas as faixas na concentração de atividade antioxidante apresentaram sobreposição.

Atentando-se aos valores atípicos da 3ª coleta em ambas as análises, os mesmos são respectivos às colmeias já especificadas nos valores atípicos de fenólicos e flavonóides, o que entona uma distinção de hábitos de forrageamento entre colmeias presentes no mesmo apiário. Em relação aos valores atípicos de DPPH e ABTS observados nas 1ª e 2ª coletas, estes não são representativos, dada a unicidade dessas ocorrências em replicatas isoladas, o que atrela aos mesmos, causas devidas a fatores não característicos da amostra.

A fim de obter mais resposta acerca do potencial antioxidante e compostos bioativos dos méis devido às localizações dos apiários e época de coletas, procedeu-se a determinação do poder de redução dos mesmos utilizando-se do método FRAP. Na Figura 2.13, pode-se observar o boxplot das determinações do poder de redução no agrupamento das coletas e configurações de localização dos apiários.

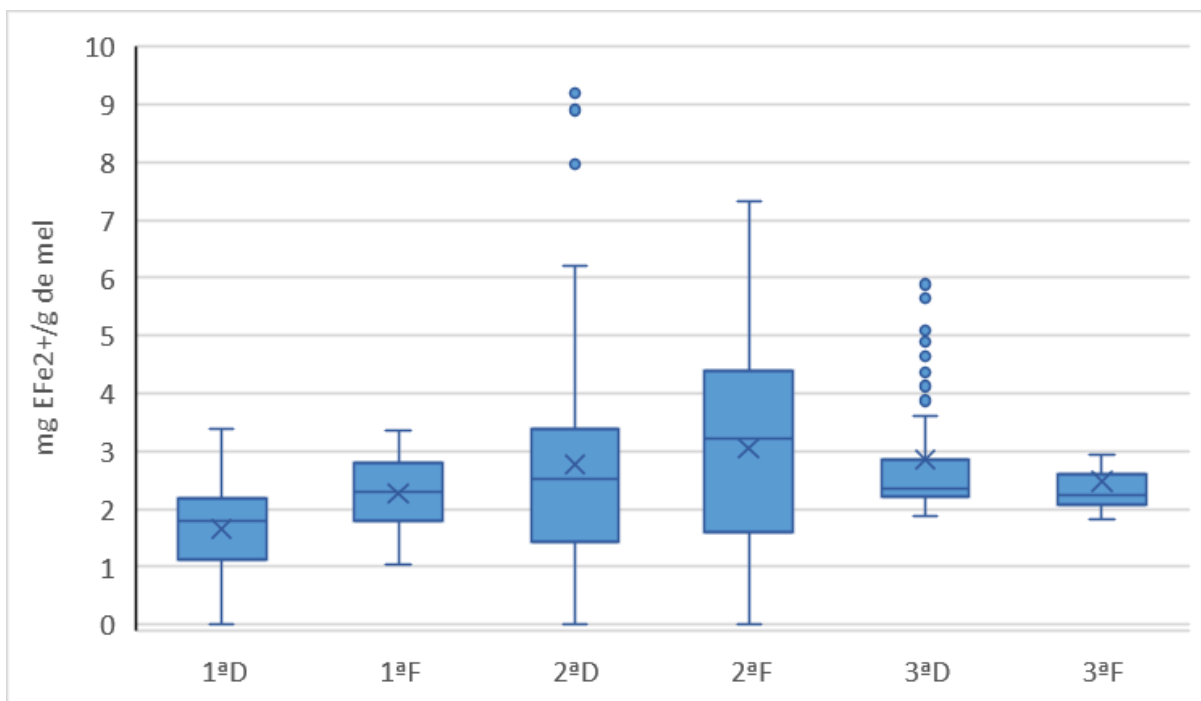


Figura 2.13. Boxplot do poder de redução (mg EFe²⁺/g de mel) pelo método FRAP em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Reforçando as análises anteriores, a determinação do poder de redução dos méis entona a observação de que os méis da segunda coleta, realizada em maio, apresentam maior faixa de concentração dos compostos bioativos. De modo que é explícito o aumento do poder de redução na segunda coleta, mas ainda com apiários apresentando médias baixas em poder de redução.

Especificamente na segunda coleta dentro da mata, no apiário 1-MCI-SJ, houve uma escassez de produção, de modo que pode-se coletar apenas uma amostra de uma colmeia. Esta amostra expôs-se como um valor atípico para o poder de redução determinado por FRAP. Como neste apiário pôde-se coletar apenas uma amostra, a mesma não pode ser utilizada para aumentar a faixa de concentração do campo amostral, sendo considerada apenas um valor atípico, indiferente ao seu maior poder de redução.

Na 3ª coleta, observa-se que o poder de redução encontra-se em uma faixa de concentração mais restrita, com apiários dentro da mata apresentando média e mediana superior. Em ambas as configurações, o valor médio de FRAP da 3ª coleta foi superior ao da 1ª coleta. Na 3ª coleta houve uma ocorrência expressiva de valores atípicos para FRAP dentro da mata, estes valores são respectivos, principalmente, ao apiário 3-MRL-AU, que somada a atipicidade observada nas demais análises para essa coleta, atribui a este apiário, uma peculiaridade no teor de compostos bioativos.

A faixa de concentração de compostos fenólicos observada nas amostras de mel foi de 0,1621 a 0,9432 mg EAG/g. Observa-se que esta faixa é superior ao intervalo observado em méis produzidos entre 2016 e 2017 em apiários inseridos na mata ciliar ao lago de Itaipu, que foi de 0,1139 a 0,6127 mg EAG/g de mel (GALHARDO et al., 2021) e superior à faixa de 0,0156 a 0,3050 mg EAG/g de mel observada para méis produzidos entre 2018 e 2019 na mesma região (RIBEIRO et al., 2022).

Em compostos fenólicos, observou-se uma similaridade das amostras analisadas com méis do nordeste brasileiro. Estudos relatam que intervalo de compostos fenólicos para méis produzidos no Pará em 2018 foi de 0,0427 a 1,4543 mg EAG/g (COSTA E TORO, 2020) e no Piauí em 2021 e 2022 foi de 0,2533 a 0,9034 mg EAG/g (SILVA et al., 2024). Méis produzidos no pantanal também apresentaram um teor de compostos fenólicos variando entre 0,213 a 0,621 mg EAG/g (LABAIG et al., 2024), e com isso pode-se observar que há influência da localização do apiário sobre o teor de compostos fenólicos no mel.

Para flavonóides totais, o intervalo de concentração encontrado foi de 0,0079 a 0,1896 mg EQ/g, valores mais baixos que os observados para a região em anos anteriores, de 0,0797 a 0,4499 mg EQ/g em 2017 (GALHARDO et al., 2021), e 0,0935 a 0,5280 mg EQ/g em 2019 (RIBEIRO et al., 2022). Em um estudo com méis mineiros produzidos em 2019 por uma cooperativa de agricultura familiar, Pena Júnior et al. (2022) observaram uma faixa de compostos fenólicos de 0,0224 a 0,1894 mg EQ/g. Já em méis do Pará, Costa e Toro (2020) observaram uma faixa de 0,0275 a 0,1876 mg EQ/g. Ambos os estudos compreendem valores similares aos observados no presente estudo.

Para o poder de redução dos méis, determinado por FRAP, observou-se um intervalo de 0 a 7,32 mg EFe²⁺/g nas amostras. Para a região, Galhardo et al. (2021) relataram um valor de até 0,56 mg FE²⁺/g de mel para os métodos FRAP. Já para méis produzidos no Pará, os méis apresentaram poder de redução de até 1,43 mg EFe²⁺/g (COSTA E TORO, 2020). Com estes resultados, observa-se que méis do estudo apresentaram poder de redução com valores dispersos em uma faixa mais ampla que a relatada na literatura para méis brasileiros, com valores muito superiores a estudos nacionais.

Em relação ao potencial antioxidante analisado por DPPH, obteve-se faixas de 3,525 a 7,475 µg ET/g de mel. Galhardo et al. (2021) relataram um intervalo de 10,012 a 40,046 µg ET/g na análise de DPPH para os méis da região produzidos em 2016, e para o mel produzido em 2019 na região, Ribeiro et al. (2022) relataram potencial antioxidante inferior a 30,034 µg ET/g. Para a capacidade antioxidante dos méis determinada pelo método ABTS, as amostras apresentaram intervalo de 0 a 10,747 µg ET/g de mel para ABTS, faixa inferior a média encontrada em méis produzidos em 2016 na região, que foi de ABTS em 253 µg ET/g

de mel (GALHARDO et al., 2021).

Buscando avaliar outras distinções na composição dos méis, especificamente na composição de sacarídeos, foi procedida a quantificação das concentrações de glicose, frutose, sacarose e rafinose nos méis. Para avaliar a separação das amostras conforme as coletas e a localização dos apiários, procedeu-se à plotagem de boxplot de cada açúcar em relação às três coletas realizadas e às duas configurações de localização. Na Figura 2.14, pode-se observar o boxplot da concentração de glicose nos méis separados entre coletas e configuração dos apiários.

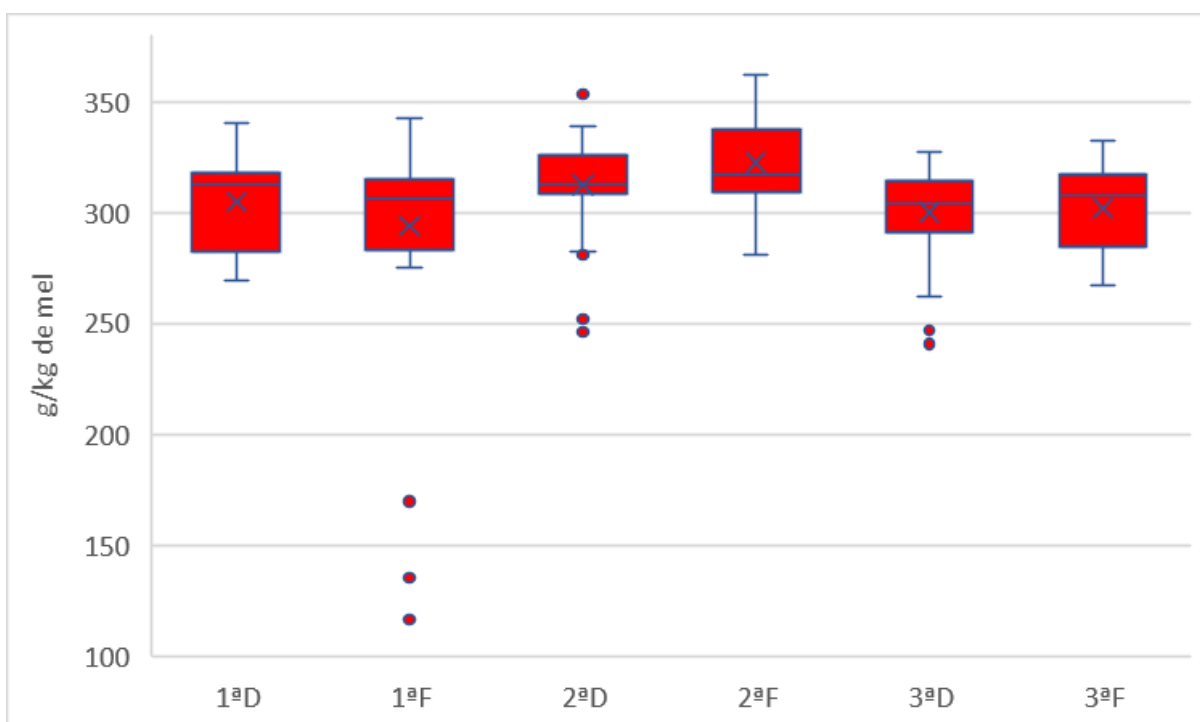


Figura 2.14. Boxplot da concentração de glicose em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observa-se que as concentrações de glicose na primeira coleta agrupam-se em torno de 300 g/kg de mel. Para a segunda coleta, o agrupamento das concentrações de glicose foi similar, mas com a localização fora da mata apresentando maior dispersão. Na primeira coleta fora da mata, 50% das amostras do apiário 10-VRE-CH apresentaram concentrações de valor atípico na concentração de glicose, fato que pode ser justificado pela localização do apiário, cuja oferta de florada predominante de eucalipto não está presente nos demais apiários.

Na segunda coleta, dentro da mata, observa-se dois grupos de valores atípicos. Os valores inferiores ao limite mínimo são respectivos ao apiário 1-MCI-SJ, que também apresentou atipicidade na análise de poder de redução, o que torna mais evidente a

especificidade dessa amostra. Ainda nessa coleta, houve outra amostra atípica, respectiva a uma colmeia do apiário 9-MRL-CH, que apresentou concentração de glicose muito superior à de frutose. Neste apiário, especificamente, houve uma homogeneidade no fato da concentração de glicose ser muito próxima ou superior a de frutose, o que expõe a influência da florada local sobre as características do mel.

Já na terceira coleta, tal qual a primeira, as concentrações de glicose encontram-se próximo a 300 g/kg de mel, mas com os apiários dentro da mata tendo uma faixa de concentração mais restrita. Os valores atípicos observados na terceira coleta são respectivos a amostras do apiário 1-MCI-SJ, expondo uma peculiaridade na diversidade floral do mesmo.

Para extrair com mais clareza alguma distinção entre coletas e localizações na relação de concentrações de açúcares, avaliam-se as concentrações de frutose e sacarose nestes méis. Nas Figuras 2.15 e 2.16 estão contidos os gráficos boxplot das concentrações de frutose e sacarose nos méis, respectivamente.

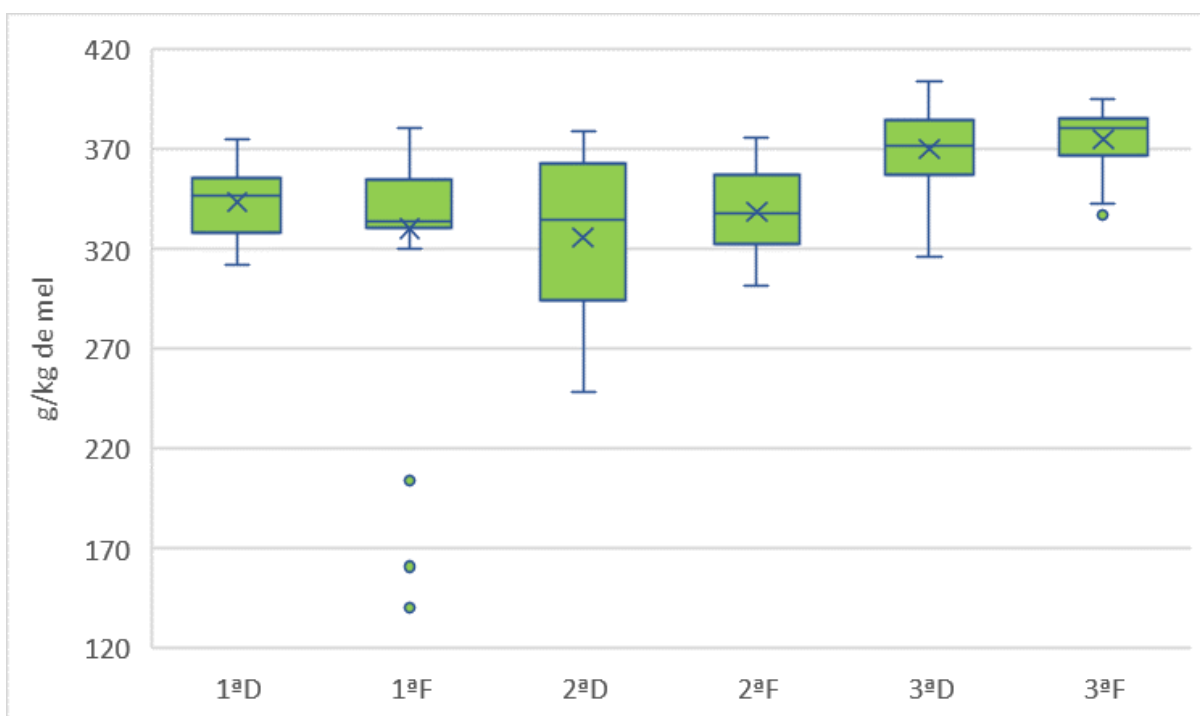


Figura 2.15. Boxplot da concentração de frutose em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A primeira coleta, em ambas as localizações, apresentou concentrações de frutose mais agrupadas em torno de 350 g/kg de mel, com os valores atípicos sendo correspondentes às amostras do apiário 10-VRE-CH que apresentaram concentração de glicose muito inferior às demais, expondo que tais amostras contém menores concentrações de açúcares.

Observa-se na Figura 2.15, que a concentração de frutose na segunda coleta dentro da mata foi mais dispersa, com valores de limite inferior na ordem de 250g/kg de mel. Esses valores de limite inferior do boxplot são respectivos as amostras que apresentou valor atípico de limite superior a concentração de glicose, do apiário 9-MRL-CH, expondo que a florada local tem essa característica de fornecer néctar com maiores teores de glicose.

Em relação a 3ª coleta, observa-se que as médias de concentração de frutose para ambas as configurações foi superior a 370 g/kg de mel, valores superiores às médias das coletas anteriores. Na configuração fora da mata, as concentrações de frutose na terceira coleta estão agrupadas em uma faixa menor, o que expõe maior homogeneidade na diversidade floral dessa configuração nessa estação.

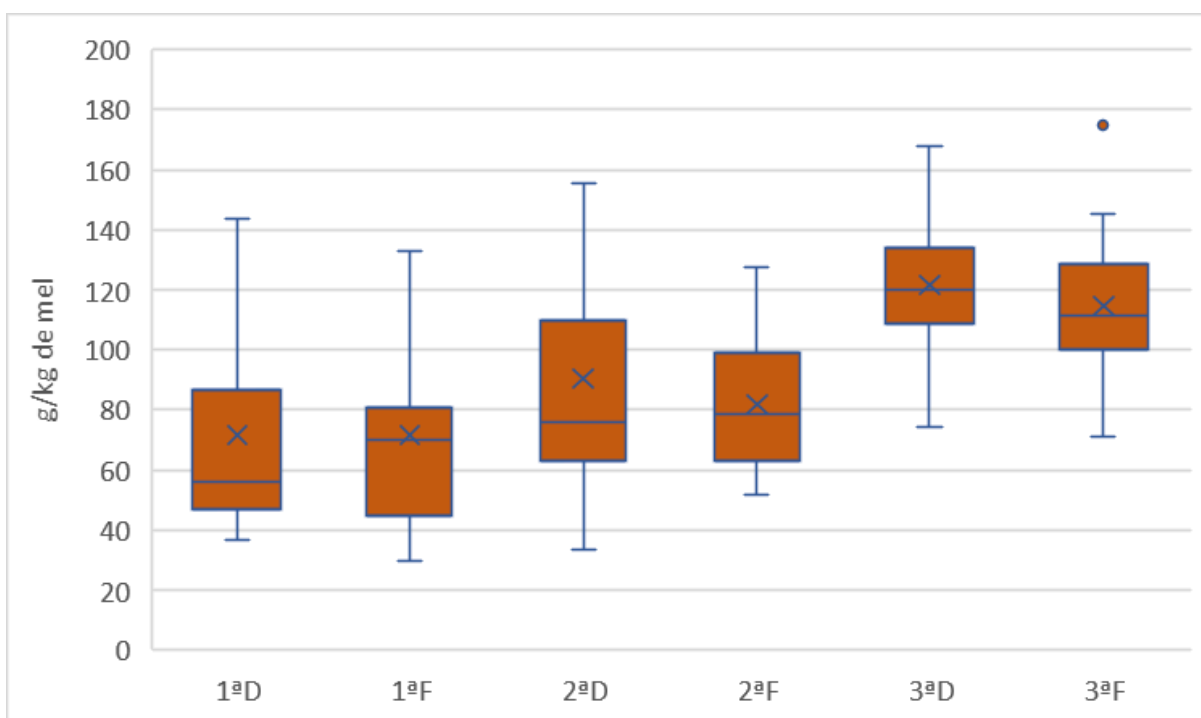


Figura 2.16. Boxplot da concentração de sacarose em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A dispersão dos teores de sacarose nos méis apresentou diferença apenas na 3ª coleta, sendo que nesta as faixas de concentração de sacarose foram mais elevadas, com médias na ordem de 120 g/kg de mel. Os maiores valores desta concentração deram-se como valores atípicos, respectivos a amostras do apiário 6-LMI-SC, não havendo nenhuma distinção de paisagem neste apiário, conclui-se que essa atipicidade é referente a diversidade de flora existente no raio de domínio do apiário e a afinidade de forrageamento das abelhas de uma colmeia com estas espécies distintas.

Porém, indiferente à semelhança das concentrações de sacarose entre os grupos,

foi bastante explícita as diferentes concentrações desse dissacarídeo entre apiários, de modo que para observar isso mais atentamente, plotou-se um boxplot com o agrupamento das amostras de cada apiário em todas as coletas. Na Figura 2.17 pode-se observar essas faixas de concentração em cada apiário nas três coletas. A segunda coleta no apiário 2-LMI-SJ não foi realizada, devido à escassez de colmeias e a baixa produção das remanescentes.

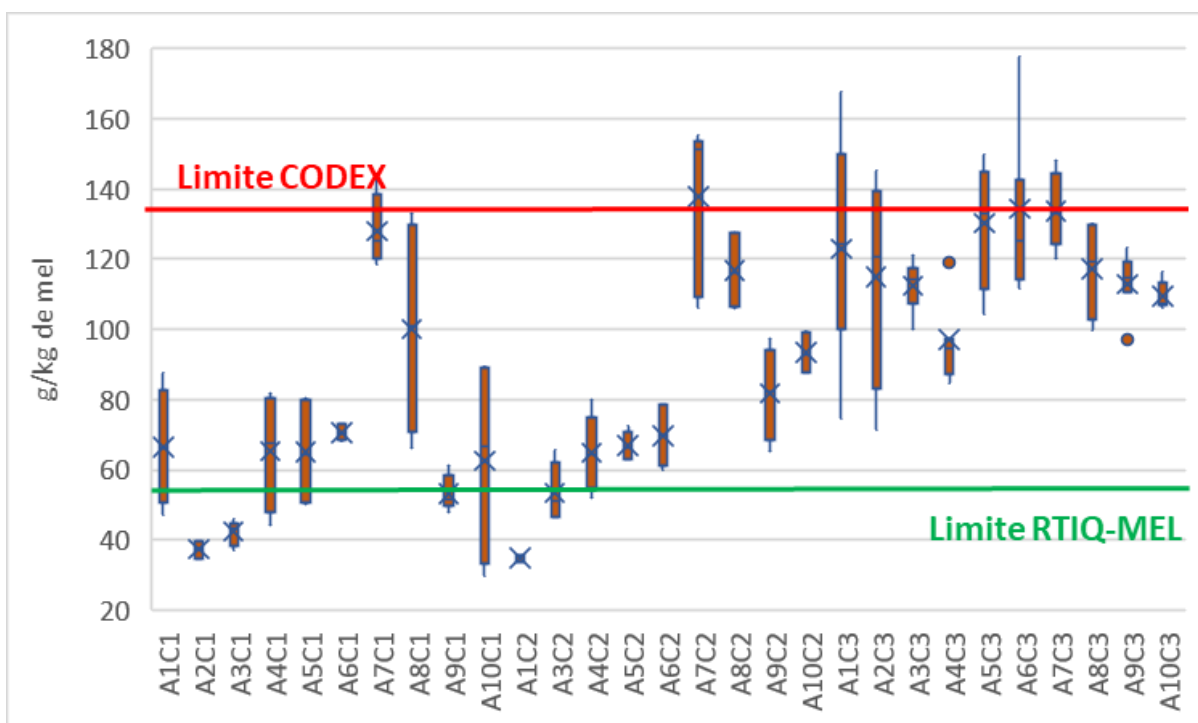


Figura 2.17. Boxplot das concentrações de sacarose de méis dos apiários, em que os apiários 1, 3, 5, 7 e 9 foram colocados dentro da mata, e os apiários 2, 4, 6, 8 e 10 fora da mata.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Nas duas primeiras coletas, há uma diferença explícita nas faixas de concentração de sacarose nos apiários 7-MRL-LA e 8-CPG-LA, expondo que a diversidade e especificidade da flora circundante a tais apiário apresenta essa propriedade de dispor de néctares com maior teor de sacarose. Nestes, as concentrações de sacarose foram muito maiores que nos demais apiários nas duas primeiras coletas, e na 2ª coleta, especificamente, as faixas de concentração desse dissacarídeo ficaram exclusivamente superiores a ambas as coletas nos demais apiários.

Essa observação expõe que a diversidade floral específica daquela microrregião, devido a seu microclima, paisagem e cultivo predominante de pecuária que resulta na ampliação da variedade de espécies pastoris e diversificação de recursos proteicos (CARR-MARKELL et al., 2020), exerceram majoritária influência na composição do mel.

Ao avaliar a terceira coleta, observa-se que as concentrações desse dissacarídeo

foram superiores em quase todos os apiários, com os menores níveis sendo observados nos apiários 3, 4, 9 e 10, mas com faixas ainda superiores às recorrentes nas coletas anteriores. Na avaliação dos apiários individualizados, observa-se que o apiário 1 dispõe da maior faixa de concentração de sacarose nas amostras, expondo uma maior diversidade floral, ou maior diversidade de comportamento no forrageamento das colmeias. E por oposto, o apiário 10 apresenta a faixa de concentração mais estreita do dissacarídeo, colocando como provável, uma disponibilidade de pasto apícola menos diverso.

No Regulamento Técnico De Identidade e Qualidade Do Mel (RTIQ-MEL) (BRASIL, 2000), é especificado que a sacarose de méis florais deve ser inferior a 6g/100g de mel. Porém, conforme observado nos méis do estudo, a depender da florada, estação e localização do apiário, esse valor pode ser de até 18g/100g de mel, mesmo em méis autênticos e maturados. A norma Codex Standard For Honey (CODEX, 1990), estabelece o parâmetro aceitável de concentração de sacarose para 7 distintos méis florais presentes na Europa, com o limite máximo de sacarose sendo de 15g/100g de mel.

Conforme observa-se na Figura 2.17, na primeira coleta, apenas os apiários 2-LMI-SJ e 3-MRL-AU não tiveram concentração de sacarose superior ao estabelecido pelo RTIQ-MEL, e na segunda coleta, apenas o apiário 1-MCI-SJ não teve esse limite extrapolado. Por fim, na terceira coleta todos os méis de todos os apiários tiveram concentração de sacarose superior ao limite regulamentado no Brasil. Em relação ao limite estabelecido pela Codex, na segunda coleta, apenas o colmeias do apiário 7 tiveram valores acima do limite. Já na 3ª coleta, houve apenas uma colmeia no apiário 1 e uma colmeia do apiário 6 extrapolando esse limite.

Para avaliar os teores de monossacarídeos nos apiários, e observar uma variação discriminatória, plotou-se gráfico boxplot das faixas de concentração de glicose e frutose em cada apiário nas duas coletas. Pode-se observar na Figura 2.18, uma diversidade das faixas de concentração de cada monossacarídeo nos diversos apiários, desde teores muito maiores de frutose, até méis com concentrações mais abundantes de glicose.

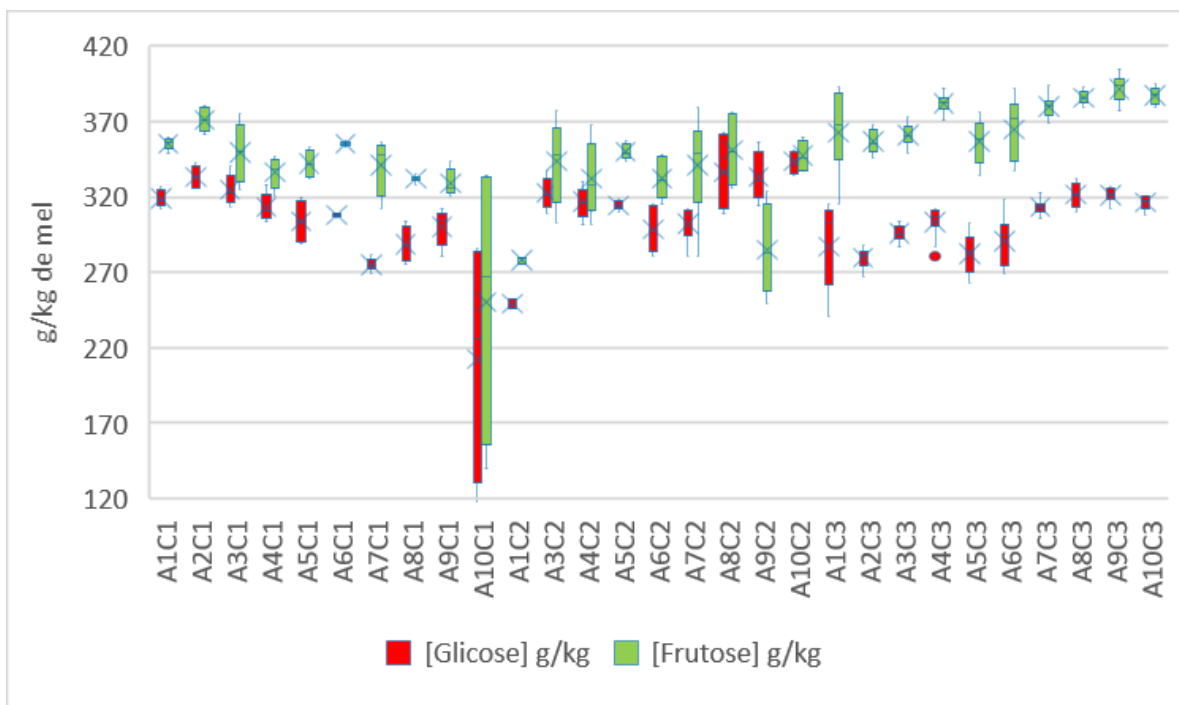


Figura 2.18. Boxplot das concentrações de monossacarídeos nos méis dos apiários, em que os apiários 1, 3, 5, 7 e 9 foram colocados dentro da mata, e os apiários 2, 4, 6, 8 e 10 fora da mata.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Na 1ª coleta, apenas os apiários 3-MRL-AU, 4-VRL-SF e 10-VRE-CH apresentaram faixas de concentração de frutose e glicose sobrepostas. Já na 2ª coleta, apenas os apiários 1-MCI-SJ e 5-MCI-SC não tiveram sobreposição nessas faixas, e o apiário 9-MRL-CH teve uma faixa de concentração de frutose situada majoritariamente abaixo da glicose. Essas sobreposições de faixas de concentração não mais foram observadas na 3ª coleta, expondo que a florada do início da primavera fornece um néctar com maior teor de frutose em todas as paisagens avaliadas.

Em um estudo realizado com méis de dois municípios gaúchos, Marcolin et al. (2021) observaram em todas as quatro amostras de *apis mellifera* analisadas, teores de frutose superior a glicose, e concentrações de sacarose de até 10g/100g de mel. A determinação de sacarose tem sido realizada pelo método de sacarose aparente. Estudos recentes encontraram em méis, resultados de sacarose superior a 5g/100g em amostras do sul do Brasil (RIZELIO et al., 2020) e em amostras do oeste do Paraná (GREGÓRIO, 2021), mas com valores inferiores aos determinados via HPLC-IR neste estudo.

Para avaliar com mais exatidão essas concentrações de ambos os monossacarídeos em cada mel, plotou-se um boxplot de todos os méis coletados. Na Figura 2.19, encontra-se a distribuição da razão glicose/frutose em todos os apiários nas três coletas.

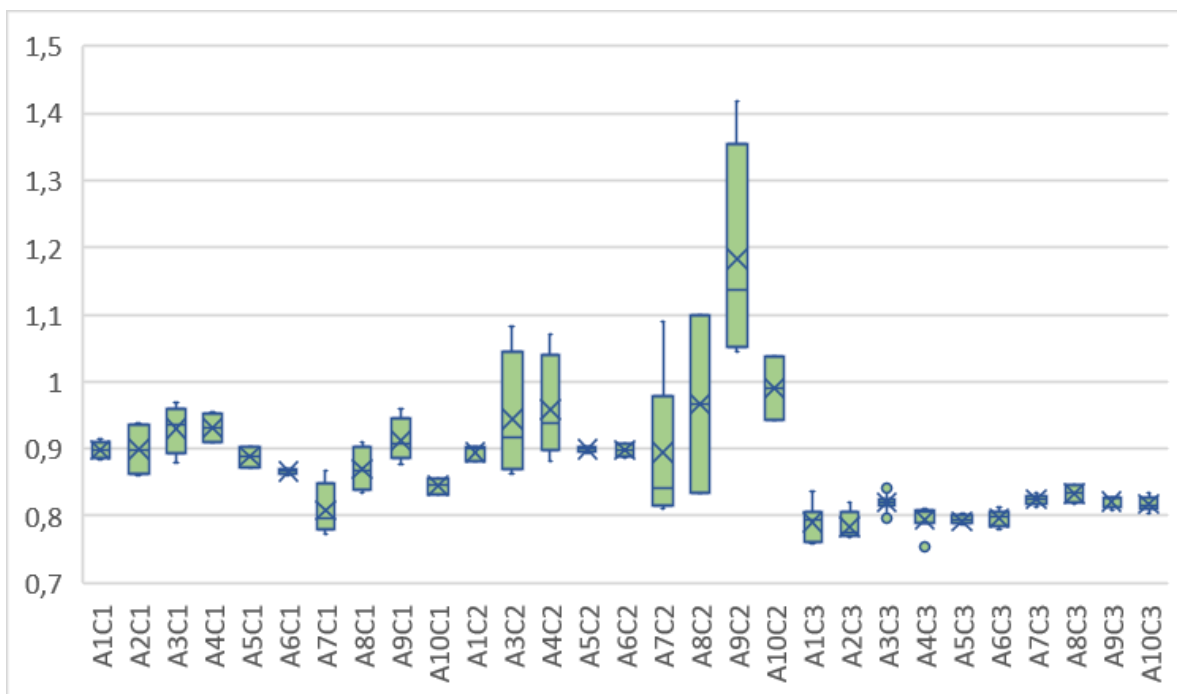


Figura 2.19. Boxplot das razões glicose/frutose nos méis dos apiários, em que os apiários 1, 3, 5, 7 e 9 foram colocados dentro da mata, e os apiários 2, 4, 6, 8 e 10 fora da mata.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A primeira coleta, indiferente à sobreposição das faixas de concentração dos monossacarídeos em alguns apiários, nenhuma amostra de mel apresentou essa razão superior a 1, ou seja, a concentração de glicose não foi superior à de frutose em nenhum mel. Mas na segunda coleta, apenas não houve a ocorrência de valores superiores a 1 nesta razão, nos apiários 1-MCI-SJ, 5-MCI-SC e 6-LMI-SC, enquanto no apiário 9-MRL-CH todos os méis apresentaram maior teor de glicose do que de frutose, indiferente a sobreposição das faixas de concentração desses monossacarídeos observada na Figura 2.18.

Em relação a 3ª coleta, a razão glicose/frutose torna mais explícita a proposição extraída da Figura 2.18 de que os méis produzidos no início da primavera são obtidos através da coleta de néctar com maior teor de frutose. Para essa coleta, conforme observa-se na Figura 2.19, a razão glicose/frutose teve as faixas de concentração mais estreitas que as coletas anteriores, para todos os apiários, com os valores médios mais baixos do período amostral, concentrando-se próximas a 0,8, o que caracteriza o mel produzido no início da primavera, como o menos suscetível a cristalização, dada a solubilidade superior da frutose em água (SCHIASSI et al., 2021; ALGHAMDI et al., 2020).

Estudos com méis brasileiros expõem a maior concentração de frutose nos méis (BILUCA et al, 2014; MARCOLIN et al., 2021). Porém, tanto o Regulamento RTIQ-MEL (BRASIL, 2000) quanto a norma Codex (CODEX, 1990) não tem regulamentação sobre faixas da razão glicose/frutose, estabelecendo apenas que a soma de tais açúcares deve ser

superior a 60 g/100g e 45 g/100g, respectivamente. Para avaliar essa soma de monossacarídeos, plotou-se um gráfico de colunas empilhadas com as concentrações de glicose e frutose nos méis. A soma de monossacarídeos e os limites mínimos de monossacarídeos estabelecidos pelas duas normas podem ser observados na Figura 2.20.

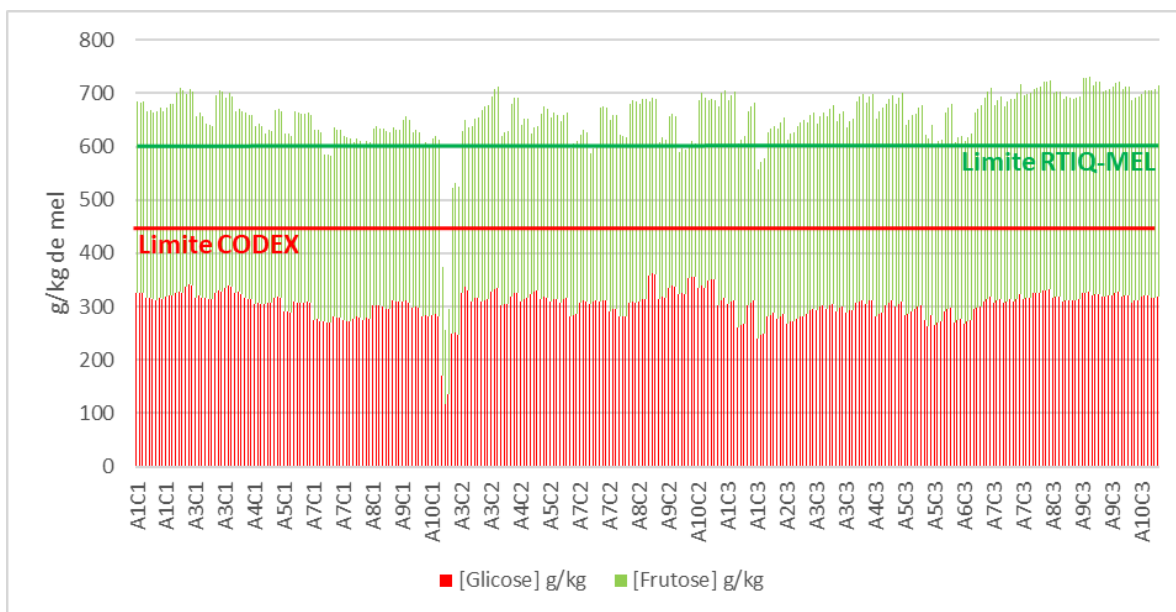


Figura 2.20. Somatório de monossacarídeos nos méis dos apiários, em que os apiários 1, 3, 5, 7 e 9 foram colocados dentro da mata, e os apiários 2, 4, 6, 8 e 10 fora da mata.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Houve a ocorrência de 7 amostras abaixo do mínimo estabelecido pelo RTIQ-MEL. Na primeira coleta, uma colmeias no apiário 7-MRL-LA apresentou valor acima de 580 g/kg e uma colmeia no apiário 10-VRE-CH teve soma de monossacarídeos abaixo de 380 g/kg, sendo essa, a única colmeia com valor inferior ao limite mínimo pelo Codex. Na segunda coleta, ocorreram quatro colmeias com menos monossacarídeo que o estabelecido pelo RTIQ-MEL, cada uma situada em um apiário. Por fim, na 3ª coleta, apenas uma amostra esteve abaixo do limite nacional, mas superior a 550 g/kg. Esses resultados advém de colmeias debilitadas, com baixo número populacional, e que não puderam realizar eficientemente a desidratação do néctar, e os favos foram operculados com alta umidade.

Ao realizar as análises de carboidratos em HPLC/IR, outro açúcar foi observado em todas as amostras, sendo também quantificado. O trissacarídeo rafinose, composto por glicose, frutose e galactose, é encontrado em uma diversidade de plantas (LIMA et al., 2019; HELL et al., 2019; IBÁÑEZ et al. 2020) e pode, portanto, estar presente em méis (CAMPOS et al., 1999; MOREIRA et al., 2001). Na Figura 2.21, encontra-se o gráfico boxplot das concentrações desse sacarídeo nos méis.

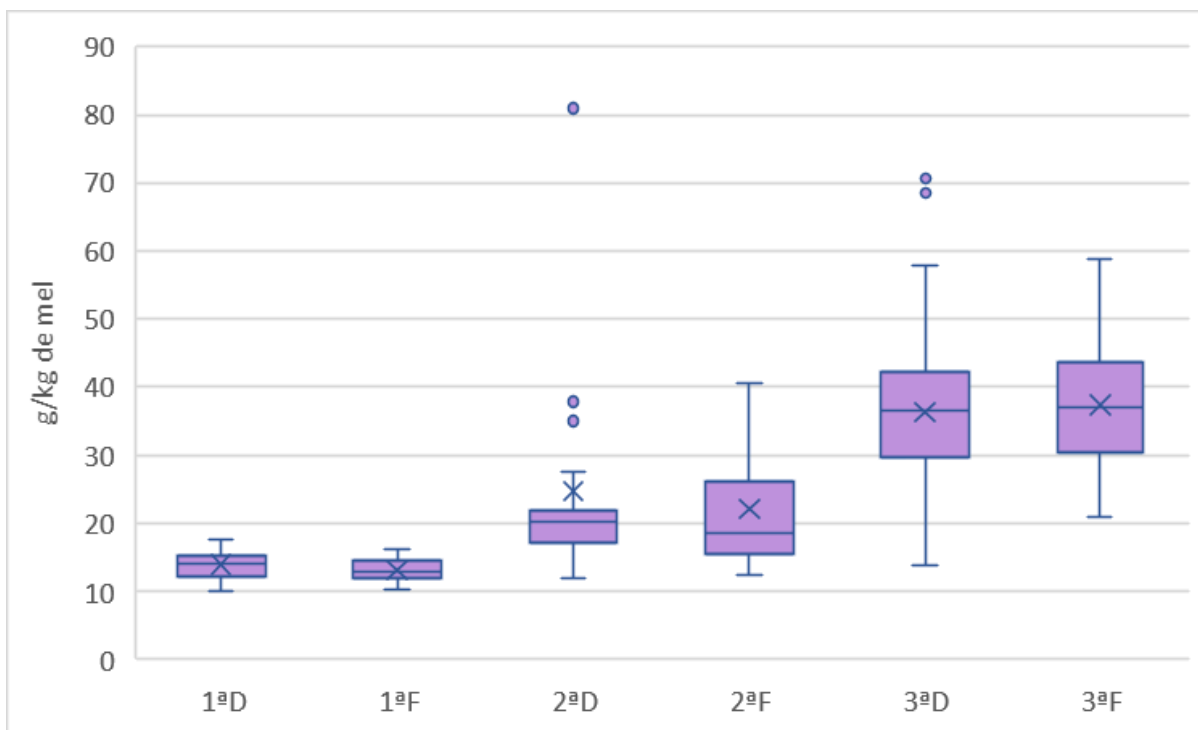


Figura 2.21. Boxplot da concentração de rafinose em méis coletados em apiários localizados dentro (D) e fora (F) de mata, em três estações (1ª - Verão, 2ª - Outono, 3ª - Primavera).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

As concentrações de rafinose nos méis são relativamente baixas, com faixas entre 10 e 60 g/kg de mel. Extrapolando essa faixa, foram observados valores atípicos nas segunda e terceira coletas, dentro da mata, no 1º apiário. Amostras essas, que apresentaram recorrentes valores atípicos em variadas análises. Ainda na 2ª coleta dentro da mata, duas amostras do apiário 9-MRL-CH também apresentaram teores de rafinose acima do limite superior, expondo uma característica específica no forrageio de duas colmeias. E fora da mata, uma amostra do apiário 4-VRL-SF e uma amostra do apiário 6-LMI-SC apresentaram maiores concentrações de rafinose, elevando o limite superior da distribuição desse trissacarídeo.

Para a 3ª coleta, observa-se que as faixas de concentração de rafinose foram superiores nas duas configurações de apiário, agrupando-se majoritariamente entre 30 e 40 g/kg de mel. Esta observação expõe que este trissacarídeo é mais produzido por espécies vegetais que florescem no início da primavera, período respectivo à produção do mel desta coleta.

Estudos recentes quantificaram rafinose em méis, sendo relatados, valores inferiores a 0,43% de rafinose em méis da Romênia (SCRIPCĂ et al., 2019), uma média de 0,42% de rafinose em méis multiflorais romenos (PAULIUC et al., 2020) e concentrações médias de 0,08% de rafinose em méis multiflorais da Espanha (PASCUAL-MATÉ et al., 2018). Há uma carência de trabalhos brasileiros avaliando esse trissacarídeo no mel, não

sendo encontrados rafinose no escopo de estudos dirigidos a méis Paranaenses. Para os méis do presente estudo, os resultados observados para rafinose ficaram na faixa de 1 a 6% do mel, percentual significativo que desperta a demanda de estudos futuros sobre rafinose no mel.

Esse teor elevado de rafinose nos méis do estudo, expõe uma especificidade ao mel regional, dado que esse teor explana o fato das espécies da flora local, bem como as cultivares de soja e milho presentes nas lavouras, fornecerem néctares com maior teor desse trissacarídeo. Amorim et al. (2020) estudaram o potencial prebiótico da rafinose para a saúde humana, constatando que esse trissacarídeo possui propriedades prebióticas potenciais para ser incrementado na alimentação funcional.

A heterogeneidade amostral observada, é justificada pelas diferenças de microclimas e paisagens entre apiários, e do período de coleta das amostras. Em um estudo de levantamento florístico regional recente, foi observado que os cultivos agrícolas adotados, as matas legais conservadas ou reestabelecidas e a antropização ou fragmentação das mesmas reflete na diversidade de composição florística de cada apiário (TONELLI, 2022), o que desencadeia variação na composição de méis de cada apiário.

Avaliando a composição melissopalínológica de méis do oeste paranaense, Moraes et al. (2019) identificaram ampla diversidade de pólenes em méis de dois municípios da região, sendo em um município encontrados 71 pólenes de 24 famílias vegetais, e em outro município, 64 pólenes de 29 famílias. Diversidade essa, que é amplamente observada nos apiários estudados, cada um com sua heterogeneidade, exercendo forte influência sobre as características de méis.

Com os resultados obtidos neste estudo, extrai-se percepções de relevância para a apicultura e para o consumidor de mel. Ao observar as variações dadas pelas estações de produção, o mel de outono teve maiores concentrações de propriedades antioxidantes, devido às espécies de flora em florescência no período e devido às temperaturas mais amenas do outono.

Em relação ao mel da primavera, observou-se uma maior homogeneidade entre todas as amostras, e uma menor razão glicose/frutose, caracterizando o mel como menos suscetível à cristalização. Porém, observou-se no mel de primavera, maiores concentrações de sacarose. Sendo os méis do estudo, operculados e plenamente maturados, é importante ressaltar que como estes estando com sacarose superior ao limite RTIQ-MEL (BRASIL, 2000), possa-se cogitar uma discussão sobre revisão dos limites nacionais, considerando que os da norma da Codex (CODEX, 1990) são superiores, e que indiferente a ambos, possam existir méis autênticos com concentrações superiores de sacarose.

No mel de verão, todos os resultados agrupam-se em faixas mais estreitas que o

outono, expondo maior homogeneidade, uma menor ocorrência de valores atípicos e média de antioxidantes mais baixa que nas demais estações. Em relação aos açúcares, os méis dessa estação tiveram razão glicose/frutose inferior a 1, expondo menor suscetibilidade à cristalização, mas a concentração de sacarose manteve-se majoritariamente acima do limite RTIQ-MEL. Uma observação interessante é que a concentração de rafinose dos méis de verão ficou bem abaixo do que nas demais estações, expondo que tal trissacarídeo é menos encontrado em flores de espécies que florescem nesse período.

Aos apicultores, este trabalho expõe a oportunidade de exploração dos méis de outono, considerando que regionalmente não é comum a colheita de mel nessa estação, mas que esse mel possui melhores características antioxidantes. Em relação a localização dos apiários, a instalação dos mesmos dentro da mata, mostrou-se como um artifício importante para valorização da diversidade do mel, o que acaba agregando valor ao produto, dado que os apiários instalados no interior de matas estão menos sensíveis à antropização.

Vale destacar que em torno da obtenção desses resultados, houve uma série de limitações, como plantel ainda em desenvolvimento, um número não constante de colmeias, e portanto de amostras, em cada apiário, impactos ambientais como a influência do *el niño*, fatores ligados a antropização e demais fatores intrínsecos ao organismo vivo que é a apicultura. Mas indiferente às limitações, pode-se obter informações importantes acerca do desenvolvimento da apicultura regional, estabelecendo de maneira sustentável, melhores condições para a criação de abelhas e a produção de mel em uma região de agricultura intensiva, e expondo novas oportunidades em diversos períodos de exploração apícola.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Características intrínsecas de cada apiário desencadeiam distintos níveis nos parâmetros de identidade dos méis, não sendo limitada a qualidade do produto a uma única condição local. Dentre as análises realizadas, as variações observadas em cada grupo de amostras, confere a estes, propriedades distintas, mas não necessariamente estabelecendo uma ordem de qualidade. Cada mel, com sua peculiaridade, dispõe de uma identidade genuína do apiário e período de produção, com qualidades que classificam cada amostra, sem depreciar as demais.

Em relação aos compostos bioativos, observou-se que a segunda coleta, realizada no outono, apresentou em termos gerais, maiores valores de compostos bioativos e potencial antioxidante. Já a terceira coleta, respectiva ao mel produzido no início da primavera, apresentou resultados de compostos bioativos, capacidade antioxidante e poder de redução similares aos resultados de méis do verão, com níveis inferiores ao mel de outono.

Atentando-se aos açúcares, na segunda coleta, observou-se maior razão glicose/frutose. Característica que, somada ao teor de bioativos nessa coleta de outono, é resultado da diversidade vegetal em floração no período. Na terceira coleta, foi observada maior concentração de sacarose e rafinose em todos os apiários, e a razão glicose/frutose mais baixa e uniforme, em torno de 0,8. Para todos os méis, o percentual de frutose foi superior ao de glicose nos méis produzidos no início da primavera, o que torna os méis dessa estação, menos suscetíveis à cristalização.

Percebeu-se com esses resultados, que há a possibilidade de méis autênticos e maturados da região de estudo, terem concentrações de sacarose superiores aos limites estabelecidos pelo regulamento RTIQ-MEL (BRASIL, 2000) e pela norma Codex Standard For Honey (CODEX, 1990). Também observou-se concentrações expressivas do trissacarídeo rafinose, açúcar com escassos estudos em mel. Ambos esses resultados, somados às razões diferentes de glicose/frutose entre os períodos de safra, atribuem características únicas ao mel regional, demandando mais estudos sobre açúcares no mel e eventual revisão nos regulamentos de qualidade do mel.

Por fim, a observação mais bem definida, é que o período em que o mel foi produzido, atribui ao mesmo, diferenças explícitas nas concentrações de compostos bioativos, na atividade antioxidante do mel e em sua composição de açúcares. Bem como, pode-se observar maior diversidade dos méis produzidos em apiários dentro da mata, sendo que para todas as coletas, os resultados nessa configuração foram mais dispersos, o que pode valorizar o mel destes apiários dada essa diversidade de composição.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Estudo das Abelhas (A.B.E.L.H.A.), Manejo Produtivo. 2020. <https://abelha.org.br/manejo-produtivo/>
- Associação Brasileira de Estudo das Abelhas (A.B.E.L.H.A.), Localização dos apiários. 2024. <https://abelha.org.br/localizacao-dos-apiarios/>
- ALCOLÉA, M.; SANTANA JUNIOR, M. B.; OLIVEIRA, K. A. M.; et al. Bioactive compounds of honey from different regions of Brazil: the effect of simulated gastrointestinal digestion on antioxidant and antimicrobial properties. *Food & Function*, v. 15, n. 3, p. 1310-1322, 2024.
- ALGHAMDI, B. A.; ALSHUMRANI, E. S.; SAEED, M. S. B.; et al. Analysis of sugar composition and pesticides using HPLC and GC–MS techniques in honey samples collected from Saudi Arabian markets. *Saudi Journal Of Biological Sciences*, v. 27, n. 12, p. 3720-3726, 2020.
- AMORIM, C.; SILVÉRIO, S. C.; CARDOSO, B. B.; et al. In vitro fermentation of raffinose to unravel its potential as prebiotic ingredient. *Lwt*, v. 126, p. 109322, 2020.
- BALOŠ, M. M. Ž.; POPOV, N. S.; RADULOVIĆ, J. Z.; et al. Sugar profile of different floral origin honeys from Serbia. *Journal Of Apicultural Research*, v. 59, n. 4, p. 398-405, 2020.
- BILUCA, F. C.; DELLA BETTA, F.; OLIVEIRA, G. P.; et al. 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment. *Food Chemistry*, v. 159, p. 244-249, 2014.
- BORGES, C. V.; NUNES, A.; COSTA, V. E.; et al. Tryptophan and Biogenic Amines in the Differentiation and Quality of Honey. *International Journal Of Tryptophan Research*, v. 15, 2022.
- BOROSKI, M. et al. Antioxidantes – Princípios e métodos analíticos Curitiba: Ed. Appris, 2015. 141 p.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel**. Ministério da Agricultura, 2000.
- CABRERA, M; SANTANDER, E. Physicochemical and sensory analysis of honeys from eastern Formosa province (Argentina) and its relationship with their botanical origin. *Food Chemistry Advances*, v. 1, p. 100026, 2022.
- CAMPOS, G.; NAPPI, G. U.; GOMIDES, M. F.; et al. Determinação de açúcares em mel floral e mel de melato de algumas regiões de Minas Gerais e Santa Catarina. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 58, n. 2, p. 63-70, 1999.
- CARR-MARKELL, M. K.; DEMLER, C. M.; COUVILLON, M. J.; et al. Do honey bee (*Apis mellifera*) foragers recruit their nestmates to native forbs in reconstructed prairie habitats? *PLOS ONE*, v. 15, n. 2, p. 1-20, 2020.

CARVALHO, L. L. **Caracterização Físico-Química de Amostras de Mel da Região Oeste do Paraná, de 2008 a 2018, Em Função da Época de Colheita e Localização dos Apiários.** 2022. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2022.

Comissão do Codex Alimentarius, FAO/OMS - Norma Mundial do Codex para o Mel, Codex Stan 12-1981, Rev. 1987, Roma 1990.

COSTA, I. F.; TORO, M. J. U. Evaluation of the antioxidant capacity of bioactive compounds and determination of proline in honeys from Pará. **Journal Of Food Science And Technology**, v. 58, n. 5, p. 1900-1908, 2020.

DANNER, N.; KELLER, A.; HÄRTEL, S.; et al. 2017. Honey bee foraging ecology: season but not landscape diversity shapes the amount and diversity of collected pollen. **PloS One** 12, e0183716.

GALHARDO, D.; GARCIA, R. C.; SCHNEIDER, C. R.; et al. Physicochemical, bioactive properties and antioxidant of *Apis mellifera* L. honey from western Paraná, Southern Brazil. **Food Science And Technology**, v. 41, n. 1, p. 247-253, 2021.

Google Earth website. <https://earth.google.com/>, 2009.

GREGÓRIO, A.; GALHARDO, D.; SEREIA, M. J.; et al. Antimicrobial activity, physical-chemical and activity antioxidant of honey samples of *Apis mellifera* from different regions of Paraná, Southern Brazil. **Food Science And Technology**, v. 41, n. 2, p. 583-590, 2021.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; PAUL D. R. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, issue 1, art. 4: 9pp., 178kb.

HELL, A. F.; KRETZSCHMAR, F. S.; SIMÕES, K.; et al. Metabolic Changes on the Acquisition of Desiccation Tolerance in Seeds of the Brazilian Native Tree *Erythrina speciosa*. **Frontiers In Plant Science**, v. 10, p. 1-48, 2019.

HEMPATTARASUWAN, P.; SETTACHAIMONGKON, S.; DUANGMAL, K. Impact of botanical source and processing conditions on physicochemical properties and antioxidant activity of honey in the northern part of Thailand. **International Journal Of Food Science & Technology**, v. 54, n. 12, p. 3185-3195, 2019.

IBÁÑEZ, M.A.; BLAS, C. de; CÁMARA, L.; et al. Chemical composition, protein quality and nutritive value of commercial soybean meals produced from beans from different countries: a meta-analytical study. **Animal Feed Science And Technology**, v. 267, p. 114531, 2020.

IOSAGEANU, A.; MIHAI, E.; PRELIPCEAN, A.-M.; et al. Comparative Palynological, Physicochemical, Antioxidant and Antibacterial Properties of Romanian Honey Varieties for Biomedical Applications. **Chemistry & Biodiversity**, v. 19, n. 8, 2022.

KIRIGAYA, N.; KATO, H.; FUJIMAKI, M. Studies on antioxidant activity of nonenzymic browning reaction products. Part 3. Fractionation of Browning Reaction Solution between AMM onia and D-Glucose and Antioxidant Activity of the Resulting Fractions. **Nippon Nogeikagaku Kaishi**, v. 45, p. 292-298, 1971.

- LABAIG, F. A.; MIRANDA, K. M.; PEDROSA JÚNIOR, J. A. P.; et al. Propriedades físico-químicas e antioxidantes do mel – Pantanal Norte, Brasil. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 5, p. 1-23, 2024.
- LIMA, M. S.; NUNES, P. C.; SILVA, B. L. A.; et al. Determining 1-kestose, nystose and raffinose oligosaccharides in grape juices and wines using HPLC: method validation and characterization of products from northeast Brazil. **Journal Of Food Science And Technology**, v. 56, n. 10, p. 4575-4584, 2019.
- MACRAE, R. HPLC in Food Analysis, Academic Press, Londres, 1982.
- MARCOLIN, L. C.; LIMA, L. R.; ARIAS, J. L. O.; et al. Meliponinae and Apis mellifera honey in southern Brazil: physicochemical characterization and determination of pesticides. **Food Chemistry**, v. 363, p. 130175, 2021.
- Microsoft Office Professional Plus 2019, Microsoft Corporation, Redmond, EUA
- MOON, J.-K.; SHIBAMOTO, T. Antioxidant Assays for Plant and Food Components. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, v. 57, n. 5, p. 1655-1666, 2009.
- MORAES, F. J.; GARCIA, R. C.; GALHARDO, D.; et al. Pollen analysis of honey samples produced in the counties of Santa Helena and Terra Roxa, western Region of Paraná, Southern Brazil. **Sociobiology**, v. 66, n. 2, p. 327, 2019.
- MOREIRA, R. F. A.; MARIA, C. A. B. Glicídios no mel. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 516-525, 2001.
- PASCUAL-MATÉ, Ana; OSÉS, Sandra M.; MARCAZZAN, Gian L.; GARDINI, Silvia; MUIÑO, Miguel A. Fernández; SANCHO, M. Teresa. Sugar composition and sugar-related parameters of honeys from the northern Iberian Plateau. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 74, p. 34-43, 2018.
- PAULIUC, D.; DRANCA, F.; OROIAN, M. Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Individual Phenolics and Physicochemical Parameters Suitability for Romanian Honey Authentication. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 306, 2020.
- PEDROSO, D. Q.; KNAUL, L. E.; KAPP, M. N.; et al. Using smartphone for monitoring colorimetric reactions aiming at determining antioxidant activity. **Food Science And Technology**, v. 44, p. 1-7, 2024.
- PENA JÚNIOR, D. S.; ALMEIDA, C. A.; SANTOS, M. C. F.; et al. Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Minas Gerais (Brazil). **Plos One**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2022.
- RIBEIRO, R. J.; GARCIA, R. C.; TONELLI, L. L.; et al. Physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity of Apis mellifera honey from western Paraná state, Brazil. **Acta Brasiliensis**, v. 6, n. 3, p. 95, 2022.
- RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J. Total antioxidant status in plasma and body fluids. **Methods In Enzymology**, p. 279-293, 1994.
- RIZELIO, V. M.; TENFEN, L.; GONZAGA, L. V.; et al. Physicochemical and bioactive properties of Southern Brazilian Apis mellifera L. honeys. **Journal Of Apicultural Research**, v. 59, n. 5, p. 910-916, 2020.
- SCHIASSI, M. C. E. V. SOUZA, V. R.; ALVES, N. A.; et al. Effect of botanical origin on

stability and crystallization of honey during storage. **British Food Journal**, v. 124, n. 9, p. 2689-2704, 2021.

SCRIPCă, L. A.; NOROCEL, L.; AMARIEI, S. Comparison of Physicochemical, Microbiological Properties and Bioactive Compounds Content of Grassland Honey and other Floral Origin Honeys. **Molecules**, v. 24, n. 16, p. 2932, 2019.

SHAKOORI, Z.; SALASEH, E.; MEHRABIAN, A. R.; et al. The amount of antioxidants in honey has a strong relationship with the plants selected by honey bees. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2024.

SILVA, D. J. S.; SOARES, A. K. O.; CAMPOS, A. L. S.; et al. Compostos bioativos, atividade antioxidante e perfil de minerais nas amostras de méis de *Apis mellifera* L (*HYMENOPTERA: apidae*) provenientes da caatinga piauiense, brasil. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 6, p. 1-21, 2024.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A.. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal Of Enology And Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

TONELLI, L. L.; GARCIA, R. C.; OLIVEIRA, R. B.; et al. Levantamentos florísticos e sua importância para a produção de mel no Oeste Paranaense. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 417-450, 2022.

TOSUN, M.; KELES, F. Investigation methods for detecting honey samples adulterated with sucrose syrup. **Journal Of Food Composition And Analysis**, v. 101, p. 103941, 2021.

TÜRK, G.; ŞEN, K. Changes of various quality characteristics and aroma compounds of astragalus honey obtained from different altitudes of Adana-Turkey. **Journal Of Food Processing And Preservation**, v. 45, n. 10, 2021.