

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**ESPECTRO POLÍNICO DE MÉIS DE *Apis mellifera* L., 1758, *Melipona fasciculata* Smith, 1854 E *Melipona subnitida* Ducke, 1910
PRODUZIDOS NO PIAUÍ, BRASIL**

WELITON CARLOS DE ANDRADE

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JULHO - 2019**

**ESPECTRO POLÍNICO DE MÉIS DE *Apis mellifera* L., 1758, *Melipona fasciculata* Smith, 1854 E *Melipona subnitida* Ducke, 1910
PRODUZIDOS NO PIAUÍ, BRASIL**

WELITON CARLOS DE ANDRADE

Biólogo

Universidade Federal de Campina Grande, 2010

Tese submetida ao Colegiado de Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientadora: Profa. Dra. Cândida Maria Lima Aguiar
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Coorientadora: Dra. Ana Lucia Horta Barreto

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JULHO - 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

A553e

Andrade, Weliton Carlos de.

Espectro polínico de méis de *Apis mellifera* L., *Melipona fasciculata* Smith, 1854 e *Melipona subnitida* Ducke, 1910 produzidos no Piauí, Brasil / Weliton Carlos de Andrade. _ Cruz das Almas, BA, 2019.

115f.; il.

Orientadora: Cândida Maria Lima Aguiar.

Coorientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

1.Apicultura – Abelhas. 2.Espectro polínico – Propriedade físico-química. 3.Caracterização – Análise. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 638.1

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.

Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 16

Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**ESPECTRO POLÍNICO DE MÉIS DE *Apis mellifera* L., 1758, *Melipona fasciculata*
Smith, 1854 E *Melipona subnitida* Ducke, 1910 PRODUZIDOS NO PIAUÍ,
BRASIL**

Comissão Examinadora da Defesa de Tese de Weliton Carlos de Andrade

Realizada em: 12 de julho de 2019

Dra. Cândida Maria Lima Aguiar
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Examinador Interno (Orientadora)

Dr. Marcos C. Dórea
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Examinador Externo

Dr. Ricardo Landim B. Borges
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
Examinador Externo

Andreia Santos do Nascimento
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Externo

Dra. Geni da Silva Sodré
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Examinador Interno

Aos meus pais (José Carlos e Terezinha Andrade), pelo exemplo de cumplicidade e a minha querida avó, Francisca Maria da Silva (Dona Chichica), exemplo de sabedoria e resiliência.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de do Recôncavo da Bahia (UFRB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). (Código Financeiro 001) pela concessão da bolsa de estudo que tornou possível a realização do Curso e também pelo suporte do Edital Capes-Embrapa - nº 15/2014.

À Embrapa Meio Norte, por fornecer as amostras de mel utilizadas neste trabalho, como desdobramento do Edital Capes-Embrapa - nº 15/2014, sob a Coordenação local do Dr. Bruno de Almeida Souza, ao qual agradeço a acolhida.

À minha orientadora Dra. Cândida Maria Lima Aguiar pelos ensinamentos e incentivos e aos meus coorientadores, Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho, pela confiança, orientação e acolhimento e Dra. Ana Lúcia Horta Barreto, pela recepção e presteza na Embrapa Meio-Norte.

Ao Dr. Rafael Meirelles por contribuir na obtenção das amostras, além da ajuda e acolhida em Teresina, Piauí.

Aos apicultores e meliponicultores do estado do Piauí por compartilhar as amostras.

Ao Grupo de Pesquisa Insecta pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional em especial à Dra. Andreia Santos do Nascimento, pela fundamental contribuição na identificação dos tipos polínicos, e Msc. Brunelle Andrade pela ajuda com as pranchas.

Aos amigos Cátia Lucas e Adailton Ferreira por todo carinho e atenção durante esses longos anos em Cruz das Almas.

A minha família, por compreender a distância e ausência nos momentos importantes e pelo incentivo nos momentos difíceis.

A minha amada esposa Patricia Dias, por toda cumplicidade, parceria e principalmente paciência, por compartilhar comigo as alegrias e dificuldades durante esse período. Te amo.

A Deus que em sua grandiosa misericórdia é o nosso refúgio e nossa esperança.

A todos que contribuíram em algum grau para esse momento. Muito obrigado!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
REFERENCIAL TEÓRICO	1
ARTIGO 1	
Fontes de recursos tróficos usados por <i>Melipona subnitida</i> Ducke, 1910 (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) com base no conteúdo polínico de amostras de mel	26
ARTIGO 2	
Tipos polínicos no mel de <i>Melipona (Melikerria) fasciculata</i> Smith, 1854 (Hymenoptera: Apidae) provenientes do estado do Piauí.....	54
ARTIGO 3	
Espectro polínico e parâmetros físico-químicos de amostras de mel de <i>Apis mellifera</i> L., 1758 produzidos no semiárido do estado do Piauí, Brasil	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	107

ESPECTRO POLÍNICO DE MÉIS DE *Apis mellifera* L., *Melipona fasciculata* SMITH, 1854 E *Melipona subnitida* DUCKE, 1910 PRODUZIDOS NO PIAUÍ, BRASIL

Autor: Weliton Carlos de Andrade

Orientadora: Dra. Cândida Maria Lima Aguiar

RESUMO: A identificação do pólen encontrado no mel de abelha é uma ferramenta utilizada para se conhecer as fontes alimentares desses insetos. Adicionalmente, contribui para agregar valor ao mel por meio da indicação da sua origem botânica e geográfica. O estado do Piauí possui elevado potencial apícola e meliponícola, e diversidade florística ainda pouco conhecida. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi identificar os recursos florais com base no espectro polínico de mel das abelhas sociais *Melipona subnitida* Ducke, 1910, *Melipona fasciculata* Smith, 1854 e *Apis mellifera* L., 1758 provenientes do estado do Piauí, Brasil. Foram avaliadas 12 amostras de *M. subnitida*, 19 de *M. fasciculata* e 107 de *A. mellifera*. Os méis foram tratados quimicamente pelo método da acetólise, analisados qualitativamente, por meio da identificação dos tipos polínicos presentes nas amostras. Nos méis de *M. subnitida* foram identificados um total de 72 tipos polínicos, distribuídos em 25 famílias botânicas. Seis tipos polínicos foram categorizados como muito frequente no conjunto amostral: *Byrsonima*, *Caesalpinia*, *Chamaecrista* 1, *Cocos nucifera*, *Lantana camara* e *Tibouchina*. Nas amostras de *M. fasciculata* foram identificados 78 tipos polínicos. *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Tibouchina*, *Myrcia* 1 e *Psidium* se destacaram como tipo polínicos classificados como pólen dominante. O tipo *Croton* 1 ocorreu em 89% das amostras. Um total de 149 tipos polínicos distribuídos em 39 famílias botânicas foram identificados no espectro polínico das amostras de *A. mellifera*. Para essas amostras também foi realizada algumas análises físico-químicas, onde se verificou que 94% destes méis estão dentro dos limites definidos pela legislação internacional para os parâmetros analisados. O presente trabalho contribui para o conhecimento da melissopalínologia e fornece informações relevantes para programas de manejo de pastagens relacionados a criação de abelhas sociais no estado do Piauí.

Palavras-chave: Melissopalínologia, abelhas sociais, recursos florais, apicultura, meliponicultura.

POLLEN SPECTRUM OF HONEYS OF *Apis mellifera* L., *Melipona fasciculata* SMITH, 1854 E *Melipona subnitida* DUCKE, 1910 PRODUCED IN PIAUÍ, BRAZIL

Author: Weliton Carlos de Andrade

Advisor: Dr. Cândida Maria Lima Aguiar

Abstract:

Pollen identification in bee honey is a tool to know the food sources used by bees. Additionally, it adds value to honey by identifying the botanical and geographical origin of the product. The state of PiauÍ, Brazil, has a high beekeeping potential; nevertheless, its floristic diversity is still little known. This study aimed to identify the floral resources based on the honey pollen spectrum of social bees *Melipona subnitida* Ducke, 1910, *Melipona fasciculata* Smith, 1854 and *Apis mellifera* L., 1758 from PiauÍ State, Brazil. We evaluated 12 samples *M. subnitida*, 19 of *M. fasciculata*, and 107 samples of *A. mellifera*. We treated the honeys chemically by the acetolysis method, and we analyzed them qualitatively, by identifying the pollen types in the samples. We identified 72 pollen types in *M. subnitida* honeys, distributed in 25 botanical families. Six pollen types were categorized as very common in the sample set: *Byrsonima*, *Caesalpinia*, *Chamaecrista* 1, *Cocos nucifera*, *Lantana camara* and *Tibouchina*. We identified 78 pollen types in the samples of *M. fasciculata*. *Mimosa caesalpinifolia*, *Tibouchina*, *Myrcia* 1 and *Psidium* stood out as pollen types classified as dominant pollen. The *Croton* 1 type occurred in 89% of the samples. We identified 149 pollen types distributed in 39 botanical families in the pollen spectrum of *A. mellifera* samples. For these samples, some physicochemical analyses were also performed, which showed that 94% of the samples were within the limits defined by the international legislation for the parameters analyzed. The present study contributes to the knowledge of melissopalynologia and provides relevant information for future programs on pasture management related to the maintenance of social bees in the state of PiauÍ.

Keywords: Melissopalynology, social bees, floral resources, beekeeping, Meliponiculture.

REFERENCIAL TEÓRICO

ABELHAS EUSSOCIAIS (*Apis* e Meliponini)

As abelhas eussociais são insetos pertencentes a ordem Hymenoptera e família Apidae. Compreendem um grupo de indivíduos que vivem em colônias perenes com divisão de trabalho reprodutivo (a rainha é responsável pela postura dos ovos), cuidado com a prole (as operárias são responsáveis pelo cuidado das larvas, coleta de alimento, construção dos ninhos, dentre outras atividades) e sobreposição de gerações (MICHENER, 2007).

Esses insetos são amplamente conhecidos por serem um dos grupos mais importantes de polinizadores. Por possuírem um número elevado de indivíduos, uma colônia de abelhas necessita visitar uma grande quantidade de flores para nutrir sua população em todo o seu ciclo de vida (MICHENER, 2007; GARIBALDI et al., 2018). São efetivos na polinização de uma ampla variedade de espécies vegetais em ambientes naturais, sobretudo muitas espécies arbóreas nativas do Brasil e culturas agrícolas de importância econômica (HEARD, 1999; RAMALHO, 2004; SLAA et al., 2006; GARIBALDI et al., 2018).

As abelhas eussociais mais conhecidas e estudadas no Brasil são: a abelha exótica *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae), conhecida popularmente como abelha africanizada, e o grupo de abelhas nativas sem ferrão, os meliponíneos (Hymenoptera: Meliponini) (LOREZON e MORGADO, 2008; PEDRO, 2014).

No Brasil a introdução da abelha melífera se deu primeiramente, no século XIX com as subespécies *Apis mellifera mellifera* Linnaeus, 1758, *A. mellifera ligustica* Spinola, 1806 e *A. mellifera carnica* Pollmann, 1879, originárias do continente europeu (CRANE, 2000). Posteriormente, com o objetivo de melhoramento genético das abelhas, foi introduzida a subespécie africana *A. mellifera scutellata* Lepeletier, 1836, em 1956 (KERR, 1967). O processo de cruzamento natural das abelhas africanas e europeias deu origem a um híbrido conhecido como abelha africanizada (CLARKE et al., 2002).

As abelhas sociais sem ferrão, assim conhecidas por possuírem um ferrão atrofiado, constituem o grupo de abelhas sociais mais diversificado. Estão distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, sendo conhecidas 417 espécies para

a região Neotropical (CAMARGO e PEDRO, 2013; PEDRO, 2014). No Brasil são conhecidas 244 espécies com nomes válidos, e aproximadamente, 87 endêmicas (PEDRO, 2014).

O gênero *Melipona* é um dos gêneros mais importantes dessas abelhas. No Brasil são reconhecidas 74 espécies distribuídas nos mais diversos ambientes (PEDRO, 2014). *Melipona subnitida* Ducke, 1910, conhecida popularmente como jandaíra, é uma abelha nativa do bioma Caatinga (ZANELLA, 2000; CAMARGO e PEDRO, 2013) e ocorre em todos os estados do Nordeste brasileiro (PEDRO, 2014; CARVALHO e ZANELLA, 2017). Colônias de *M. subnitida* são relativamente pequenas, quando comparadas às colônias de abelhas africanizadas, possuindo algumas centenas de operárias. As colônias naturais dessa abelha nidificam em tronco de árvores nativas da Caatinga, como *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett e *Caesalpinia pyramidalis* (Tul.) L.P.Queiroz (MARTINS et al., 2004).

Melipona fasciculata Smith, 1854, conhecida popularmente como tiúba, ocorre nos estados do Maranhão, Mato Grosso, Pará, Piauí e Tocantins (CAMARGO e PEDRO, 2013; PEDRO, 2014). É uma espécie abundante em regiões de mangues, onde ocorrem árvores com ocos para alojarem seus ninhos (VENTURIERI et al., 2003) principalmente espécies vegetais nativas do Brasil, como *Qualea parviflora* Mart., *Parkya platycephala* Benth e *Terminalia fagifolia* Mart. (PEREIRA et al., 2019).

Criação de abelhas sociais

A criação de abelhas, à qual nos referimos como apicultura para abelhas do gênero *Apis* e meliponicultura para as abelhas nativas sem ferrão, é uma atividade agropecuária sustentável e de baixo impacto, que envolve a criação dessas abelhas de forma racional (VENTURIERI, 2003). O manejo racional de abelhas pode contribuir para o aumento das populações de polinizadores em ambientes naturais e de cultivo agrícola e, conseqüentemente, contribuir para conservação de espécies vegetais de importância ambiental e agrícola (RAMALHO, 2004; SLAA et al., 2006). Do ponto de vista socioeconômico, tem se tornado uma importante atividade para a diversificação da renda para os produtores rurais, contribuindo para a geração de emprego nas mais diversas regiões brasileiras (VENTURIERI et al., 2003; MORAIS et al., 2012; KHAN et al., 2014; COSTA JÚNIOR et al., 2015; MAIA et al., 2015).

Vários produtos das abelhas podem ser explorados comercialmente (mel, pólen, própolis, geleia real, geoprópolis, cera), além da atividade de comercialização de colônias e rainhas melhoradas. Entretanto, o mel ainda é o produto mais explorado pelos criadores (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012; JAFFÉ et al., 2015; MAIA et al., 2015; QUEZADA-EUÁN et al., 2018). Adicionalmente, a polinização é o serviço ambiental mais rentável realizado pelas abelhas, visto que são responsáveis por polinizar mais de 90% das principais culturas agrícolas (POTTS et al., 2016), gerando aumento no rendimento das culturas (MILFONT et al., 2013; SILVA-NETO et al., 2013; CHAMBÓ et al., 2014).

No Brasil a meliponicultura se iniciou com os povos indígenas, que exploravam as abelhas, de diversas espécies, em seus ambientes naturais e/ou em seus ninhos naturais mantidos próximos de suas casas (QUEZADA-EUÁN et al., 2018). Atualmente é uma atividade em ascensão, principalmente por apresentar méis diferenciados, com um mercado específico e cada vez mais apreciado e valorizado, onde os méis são comercializados com preços superiores aos de *A. mellifera* (VENTURIERI et al., 2012), recipientes com mel, de diversas espécies dessas abelhas podem ser encontrados à venda em mercados locais nas diferentes áreas de produção (SILVA et al., 2013).

A criação de abelha sem ferrão ainda é uma atividade com pouca expressão no orçamento familiar dos agricultores, sobretudo porque não há uma padronização nas técnicas de manejo, já que nem sempre a biologia das diferentes espécies é levada em consideração no desenvolvimento das técnicas de manejo (VENTURIERI et al., 2012; JAFFÉ et al., 2015; QUEZADA-EUÁN et al., 2018). *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836, *M. subnitida* Ducke, 1910, *M. scutellaris* Latreille, 1811, *M. fasciculata* Smith, 1854, *M. rufiventris* Lepeletier, 1836 e *Scaptotrigona* spp. Moure, 1942, são as abelhas sem ferrão comumente manejadas em meliponários brasileiros (JAFFÉ et al., 2015; QUEZADA-EUÁN et al., 2018). No nordeste brasileiro *M. fasciculata* e *M. subnitida* são importantes espécies usadas na meliponicultura local e constituem uma importante fonte de renda para a agricultura familiar da região (BEZERRA, 2004; SILVA et al., 2013).

Melipona subnitida é considerada uma das espécies de abelhas mais importantes para a meliponicultura realizada na Caatinga brasileira (MAIA et al.,

2015). No estado do Rio Grande do Norte é a espécie de abelha sem ferrão com maior número de colônias mantidas pelos meliponicultores locais (MAIA et al., 2015; CARVALHO e ZANELLA, 2017). A comercialização de mel, seguida da venda de colônias são as principais fontes de arrecadação da meliponicultura no estado do Rio Grande do Norte (MAIA et al., 2015).

Melipona fasciculata é uma espécie de abelha apreciada pelos meliponicultores principalmente, por produzir mel em grande quantidade e de excelente qualidade, é uma espécie de fácil manejo e menos defensiva do que outras espécies de abelha. A comercialização do mel é a principal atividade desenvolvida pelos meliponicultores, e em geral o valor deste produto é superior ao oferecido para o mel de abelhas africanizadas (VENTURIERI et al., 2003).

Visita das abelhas às flores e polinização

As plantas e seus visitantes florais são bons exemplos de interações ecológicas mutualísticas, que envolvem mecanismos adaptativos recíprocos (FAEGRI e PIJL, 1979; THOMPSON, 1994). Aspectos ecológicos dessas associações tais como, comportamento de coleta de visitantes, disponibilidade e oferta de recursos, sazonalidades, permitem uma melhor compreensão dos padrões que guiam essas interações (THOMPSON, 1994; MARTINS, 2013).

As abelhas eussociais formam colônias perenes, com grande quantidade de indivíduos que necessitam da coleta e estocagem de alimento durante todo o ano (SLAA et al., 2006; MICHENER, 2007; PACHECO-FILHO et al., 2015). Esses insetos são generalistas, visitando um vasto conjunto de plantas para a coleta de recursos alimentares (ROUBIK, 1989; RAMALHO et al., 1990; 2007).

Os serviços ecossistêmicos realizados pelos visitantes florais são essenciais para a manutenção da biodiversidade e da segurança alimentar (POTTS et al., 2010; KLEIJN et al., 2018). Cerca de 87% das angiospermas conhecidas dependem, em algum momento, de agentes polinizadores (OLLERTON et al., 2011). Aproximadamente 75% das plantas que são base para alimentação humana, direta ou indiretamente dependem da atuação de animais polinizadores (KLEIN et al., 2007). No Brasil, cerca de 60% das plantas cultivadas dependem em algum grau de polinizadores, gerando um valor anual de aproximadamente US\$ 12 bilhões relacionados a produção agrícola (GIANNINI et al., 2015).

A oferta de recursos e a morfologia da flor demarcam as síndromes de polinização. A forma e cor das flores, por exemplo, podem restringir ou orientar o acesso dos visitantes florais ao recurso floral (SAKAI et al., 1998). Desta forma, a polinização pode ser realizada por diversos tipos de agentes polinizadores. Para as plantas é fundamental que os visitantes florais sejam efetivos em transferir os grãos de pólen (KEVAN, 2018).

Na Caatinga nordestina, a melitofilia (polinização realizada por abelhas) é a principal síndrome de polinização, indicando a importância das abelhas para esse bioma. Plantas melitófilas são observadas em floração tanto no período chuvoso, como em períodos secos, e tem o néctar como o principal recurso floral (QUIRINO e MACHADO, 2014).

A fragmentação de habitats ocasionada, principalmente, por práticas agrícolas agressivas (desmatamento, utilização demasiada de defensivos agrícolas, dentre outras) podem estar relacionadas ao declínio global de polinizadores e a perda de colônias de abelhas (GOULSON et al., 2008; RICKETTS et al., 2008; FREITAS et al., 2009; POTTS et al. 2010). Nesse sentido, estratégias de conservação das abelhas devem incluir os mais diversos setores da atividade agrícola e ambiental, como forma de promover o aumento de populações de abelhas silvestre e manejadas racionalmente (KLEIJM et al., 2018).

PRODUÇÃO DE MEL E FLORA APÍCOLA

O mel, tem sido utilizado pela humanidade, como alimento desde os tempos pré-históricos, principalmente nos continentes africano, asiático e europeu, área de ocorrência de *A. mellifera* (BISHOP, 2005). Há registros do consumo de mel e criação racional de abelhas nativas sem ferrão pelos povos Maias, da região da península de Yucatán (VILLANUEVA-GUTIÉRREZ et al., 2005; QUEZADA-EUÁN et al., 2018). No Brasil, o consumo de mel é realizado a muito tempo, tendo início com os povos indígenas e comunidades tradicionais, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (VENTURIERI et al., 2012). Entretanto, a introdução de *A. mellifera* gerou um aumento significativo da produção e do consumo de mel (MORAIS et al., 2012).

Atualmente, o Brasil é um importante produtor e exportador de mel de abelhas africanizadas. Em 2016 ocupou a nova posição entre os países exportadores de mel,

exportando aproximadamente 24 202 toneladas e gerando uma receita de US \$ 92 milhões (ABEMEL, 2018). A região Sul do Brasil é a região de maior produção com destaque para o estado do Rio Grande do Sul, responsável por 15,2% da produção nacional. A região Nordeste representar cerca de 31% da produção nacional, sendo o Piauí o maior produtor da região (10,6% da produção brasileira) (IBGE, 2017).

A composição do mel é bastante variável e depende da origem floral, fatores ambientais e métodos de processamento (SILVA et al., 2013). A grande biodiversidade da flora brasileira, além da ampla extensão territorial e alta variabilidade climática, proporcionam a produção de um mel de qualidade, aceito por mercados exigentes, bem como permitem a produção durante o ano todo, se diferenciando de outros países (LIEVEN et al., 2009).

O conjunto de plantas de interesse para as abelhas é comumente conhecidas como flora apícola (BARTH, 2004). Essas plantas podem ser classificadas em quatro categorias distintas de acordo com o recurso que oferece para as abelhas: (i) plantas nectaríferas (as que produzem néctar e conseqüentemente são mais importantes para a produção de mel), (ii) plantas poliníferas (as que produzem pólen em abundância), (iii) plantas resiníferas e produtoras de óleo (as que produzem uma considerável quantidade de óleo e/ou resina que as abelhas utilizam para construção da colônia e produção de própolis, respectivamente) e (iv) plantas que servem de abrigo (as que o tronco servem de abrigo para as abelhas) (BARTH, 1989; SANTOS et al., 2018).

O conhecimento da fenologia floral das plantas que fornecem recursos para as abelhas é um conhecimento imprescindível para se obter uma produção de mel de qualidade durante todo o ano. A fenologia floral é a seqüência de florescimento das plantas e seu desenvolvimento ao longo do tempo. De forma geral, plantas florescem na mesma seqüência de meses de ano para ano (KEVAN, 2018). Nesse sentido, indica-se a construção de calendários florais, que é a lista de quando e por quanto tempo as flores estão em florescimento, sua abundância e valor para os polinizadores (MODRO et al., 2011; NOOR et al., 2015; KEVAN, 2018).

O conhecimento das plantas de importância para as abelhas de uma região é necessário para o desenvolvimento da criação de abelhas (BARTH, 1989). A disponibilidade de recursos alimentares (néctar e pólen) estimula o forrageamento e o desenvolvimento da colônia (KEVAN, 2018). Na Caatinga, o componente climático é um fator que regula os padrões fenológicos da vegetação. Compreender a dinâmica

de floração das plantas nas estações chuvosa e seca, e da oferta de recursos tróficos nos diferentes estratos vegetais pode garantir a distribuição de recursos tróficos de forma uniforme para uma comunidade ao longo do ano (QUIRINO e MACHADO, 2014).

A produção de recursos florais pelas plantas é influenciada por condições edafoclimáticas, logo o potencial de uma flora apícola varia de região para região. Uma flora apícola eficiente é a que oferta recursos alimentares com qualidade e em quantidade ao longo do ano, permitindo o forrageamento e desenvolvimento constante da colônia e a produção de mel e outros produtos apícolas com qualidade (ALMEIDA et al., 2003).

Durante períodos de longa estiagem, no semiárido nordestino as abelhas dependem de espécies vegetais adaptadas a essas condições, essas plantas proveem néctar e pólen necessários para a sobrevivência das populações de abelhas (SANTOS et al., 2018). Em épocas de limitação de recursos na Caatinga as abelhas precisam responder rapidamente ao aumento de recursos no campo e concentram o forrageamento em árvores que possuem floração em massa como: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir., *M. tenuiflora* (Willd.) Poir., *M. caesalpiniiifolia* Benth. e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, todas pertencentes a família Fabaceae (MAIA-SILVA et al., 2018). De forma geral, a floração em massa pode estar relacionada aos períodos de estiagem (KEVAN, 2018).

Santos et al. (2018) destacam 15 espécies de plantas que são prioritárias para o desenvolvimento da apicultura no Semiárido: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae), *Borreria verticillata* (L.) G.Mey (Rubiaceae), *Combretum leprosum* Mart. (Combretaceae), *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett. (Burseraceae), *Croton blanchetianus* Baill., *Croton grewoides* Baill. *Croton sonderianus* Müll.Arg. (Euphorbiaceae), *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze (Lamiaceae), *Mimosa caesalpiniiifolia*, *M. tenuiflora*, (Fabaceae), *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae), *Pityrocarpa moniliformis* (Fabaceae), *Richardia grandiflora* (Cham. & Schtdl.) Steud. (Rubiaceae), *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), *Ziziphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae).

O estado do Piauí, localizado na região Nordeste do Brasil, é caracterizado por possuir um mosaico de ambientes que incluem uma diversidade de ecossistemas (caatinga, cerrado, ecótonos, campo rupestres, mata semidecídua, dentre outros).

Essa heterogeneidade refugia uma rica flora apícola que é um dos fatores que tornam a criação de abelhas uma importante atividade agropecuária para o Estado (SOUSA et al., 2015).

Sousa et al. (2015) listam um total de 357 espécies de plantas visitadas por abelhas *A. mellifera* em 47 municípios do estado do Piauí. De acordo com os mesmos autores, Fabaceae é a família mais representativa, seguida por Asteraceae, Euphorbiaceae e Malvaceae. Dentre os gêneros de angiospermas com maior número de espécies de interesse apícola para o estado do Piauí, são: *Croton* L. (10 espécies), *Sida* L. (10), *Senna* Mill. (8), *Mimosa* L. (6), *Aspidosperma* Mart. & Zucc. (5), *Byrsonima* Rich. Ex Kunth (5), *Combretum* Loefl. (5), *Chamaecrista* Moench (5), *Euphorbia* L. (4), *Polygala* L. (4), *Cuphea* P. Browne (4), *Handroanthus* Mattos, *Bromelia* L., *Ipomoea* L., *Jatropha* L.; *Bauhinia* L., *Copaifera* L., *Cordia* L., *Diodia* L., *Mouriri* Aubl., *Stylozanthus* Sw., *Ludwigia* L., *Tocoyena* Aubl., *Turnera* L. e *Waltheria* L. (três espécies cada).

A informação da flora apícola para diferentes espécies de abelhas é um aspecto fundamental na conservação e manejo destes insetos em ecossistemas naturais, agrícolas e urbanos (VILHENA et al., 2011; SOUSA et al., 2015). A conservação de determinados grupos de abelhas está diretamente relacionada a manutenção de determinadas famílias botânicas (PACHECO-FILHO et al., 2015). A identificação das plantas utilizadas pelas abelhas pode ser realizada pela observação direta das flores visitadas pelas abelhas ou após as abelhas estocarem o alimento com utilização do estudo dos grãos de pólen presentes no alimento, a análise polínica ou melissopalinoLOGIA (FERREIRA e ABSY, 2017).

MELISSOPALINOLOGIA

A palinologia, como ciência, foi definida primeiramente por Hyde e Williams (1945), como o ramo da botânica que se dedica ao estudo da dispersão, morfologia e aplicação do grão de pólen e do esporo. Adicionalmente, Erdtman (1952) afirma que a palinologia trata principalmente das paredes dos grãos de pólen e esporos. A exina é a camada externa dos grãos de pólen e esporos, é constituída de substâncias altamente resistentes, que confere ao grão de pólen características de marcador

natural das plantas, visto que cada espécie vegetal possui uma morfologia polínica específica (SILVA et al., 2012).

A palinologia tem sido empregada nos mais diversos estudos, como naqueles taxonômicos e sistemáticos (palinotaxonomia), cuja abordagem utiliza descrições morfológicas dos grãos de pólen para auxiliar no entendimento das relações entre *taxa* vegetais (MOORE e WEBB, 1978; BARTH e MELHEM, 1988; PUNT et al., 2007).

A melissopalinologia trata da identificação dos grãos pólen presentes nos produtos da colmeia das abelhas. É utilizada para determinar as plantas utilizadas pelas abelhas para a coleta de recursos (BARTH, 2013). Essa ferramenta também pode ser utilizada para determinar as preferências de forrageamento destes insetos, informar a abundância e fenologia da flora apícola, indicar a sobreposição de fontes alimentares entre espécies distintas de abelhas, investigar as interações entre plantas e visitantes florais, e planejar estratégias de gestão para conservação e restauração de habitats (MAIA-SILVA et al., 2018).

Os grãos de pólen morfológicamente similares entre si são agrupados numa mesma categoria chamada de tipo polínico e posteriormente são determinados os táxons botânicos aos quais cada tipo polínico tem afinidade (DE KLERK e JOOSTEN, 2007). A determinação da afinidade botânica não é uma tarefa simples, alguns grupos botânicos possuem morfologia palinológica muito homogênea, que dificulta a precisão da identificação. Além de outros fatores, como o conhecimento da flora local e conhecimento em palinologia (SANTOS, 2011).

A determinação da afinidade botânica dos tipos polínicos pode ser realizada por meio da comparação dos grãos de pólen presentes nas abelhas, resíduos de ninho e/ou nos produtos da colmeia, com os grãos de pólen obtidos a partir de um laminário de referência, baseado na catalogação da flora local (palinotecas) (CARVALHO et al., 2006; BARTH, 2013). Entretanto, nem sempre é possível o acesso a laminário de referência. Nesse sentido, a consulta a catálogos e outras publicações que contém descrições polínicas e imagens dos tipos polínicos são necessárias (MOORE e WEBB, 1978; BARTH, 1989; ROUBIK e MORENO, 1991; 2018; MELHEN et al., 2003; LIMA et al., 2008; BURIL et al., 2010; BORGES e SANTOS, 2015; NASCIMENTO e CARVALHO, 2019).

Apesar do aparecimento de novas metodologias para determinação da origem botânica de determinados produtos (HAWKINS et al., 2015), a melissopalinologia tem

sido considerada a mais confiável e altamente valiosa para determinar o espectro polínico e a origem botânica e até geográfica de amostras de méis e outros produtos apícolas (BARTH, 2004; RUOFF e BOGDANOV, 2005; PONNUCHAMY et al. 2014; NOOR et al., 2015; ROUBIK e MORENO, 2018).

Análise polínica de amostras de mel de abelhas

Os principais objetivos em se estudar os grãos de pólen em amostras de mel são: identificar as espécies vegetais que contribuíram para a composição do produto; contribuir para a indicação da origem geográfica; agregar valor comercial ao produto; e indicar características da flora local e o potencial apícola da região estudada (BARTH, 2013; OLIVEIRA e SANTOS, 2014; SOUZA et al., 2019).

Em análise polínica de amostras méis os tipos polínicos são categorizados de acordo com o percentual de ocorrência em uma determinada amostra: pólen dominante (frequência superior a 45%), pólen acessório (entre 16 e 45%), pólen isolado importante (entre 3 e 15%) e pólen isolado ocasional (inferior a 3%) (LOUVEAUX et al., 1978).

Os tipos polínicos mais identificados em produtos apícolas oriundos da região Nordeste são: *Borreria verticillata*, *Croton*, *Cecropia*, *Eucalyptus*, *Mikania*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Myrcia*, *Poaceae*, *Solanum* e *Schinus* (SOUZA et al., 2019).

Souza et al. (2019), investigando a produção acadêmica relacionada a melissopalínologia no Brasil, entre os anos 2005 e 2017, relataram que o mel é o segundo produto apícola mais estudado, sendo o pólen apícola e o pólen retirado da corbícula de operárias aqueles com maior número de estudos. Os mesmos autores identificaram que *Apis mellifera* é a espécie de abelha com maior número de estudos melissopalínológicos.

Borges e Santos (2015) listaram um total de 45 tipos polínicos como os principais tipos polínicos dominantes em méis de *Apis mellifera* no semiárido brasileiro. Cerca de 33% dos tipos listados pertencem à Fabaceae, família de grande importância para a composição de méis no semiárido. Outras famílias como Amaranthaceae, Anacardiaceae, Asteraceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Rubiaceae e Sapindaceae, também tiveram tipos polínicos listados.

Na região Nordeste, estudos utilizando amostras de mel são realizados principalmente para *Apis mellifera* (MORETI et al.; 2000; SANTOS-JÚNIOR e

SANTOS, 2003; SODRÉ et al., 2001; 2007; 2008; ALMEIDA et al., 2005; NOVAIS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013; JESUS et al., 2014; BORGES et al., 2014; 2019; SILVA e SANTOS, 2014; NASCIMENTO et al., 2015; MATOS e SANTOS, 2019) e em menor quantidade para espécies de Meliponini como, *Melipona scutellaris* (CARVALHO et al., 2001; ANDRADE et al., 2009; MATOS e SANTOS, 2015; SOUZA et al., 2015; LUCAS et al., 2018), *M. quadrifasciata* (CARVALHO et al., 2006; NASCIMENTO et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2016), *M. subnitida* (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2013; SILVA et al., 2013; PINTO et al., 2014), *M. fasciculata* (MARTINS et al., 2011; CARVALHO et al., 2016), *M. marginata* (KLEINERT-GIOVANNINI e IMPERATRIZ-FONSECA, 1987), *M. mandacaia* (ALVES et al., 2006) e *Tetragonisca angustula* (NOVAIS et al., 2006; 2013).

No estado do Piauí, 38 amostras de méis de *A. mellifera* provenientes de diferentes municípios foram estudadas por Sodr e et al. (2007). Os autores listaram um total de 39 tipos polínicos pertencentes a 19 famílias botânicas. Nesse estado os municípios de Picos e Simplício Mendes são importantes polos de produ o de mel de *A. mellifera*. Em amostras de méis oriundas de Picos foram identificados 36 tipos polínicos de 18 famílias e o tipo polínico *Piptadenia* foi dominante em 77% das amostras estudadas, indicando que espécies vegetais relacionadas a esse tipo são de grande importância para a produ o de mel (SODR E et al., 2008). Em amostras oriundas de Simplício Mendes 107 tipos polínicos foram identificados nas amostras estudadas. Fabaceae foi a família que apresentou o maior número de tipos polínicos. Os tipos polínicos *Mimosa caesalpinifolia* e *Pityrocarpa moniliformis* foram os únicos categorizados como pólen dominante (BORGES et al., 2019). O conteúdo polínico de amostras de méis designadas pelos apicultores como “méis de marmeleiro” foi analisado por Borges et al. (2014) com objetivo confirmar a origem botânica atribuída pelos apicultores. De acordo com os autores, apenas duas amostras das 22 estudadas apresentaram indícios de serem monoflorais de *Croton* (marmeleiro) contrariando a informa o atribuída pelos apicultores. O tipo *Croton*, relacionado a denomina o de “mel de marmeleiro” ocorreu nas amostras principalmente nas categorias de pólen acessório, isolado importante e isolado ocasional. O mesmo estudo indicou o tipo polínico *Pityrocarpa moniliformis* como importante fonte de néctar para a produ o de méis monoflorais na Caatinga do estado do Piauí. Esse tipo polínico foi correlacionado a produ o de mel de colora o clara, que são os méis mais apreciados pelos

principais países exportadores (JESUS et al., 2004). Adicionalmente o estudo de méis claros oriundos do Piauí, identificou um total de 151 tipos polínicos distribuídos em 41 famílias botânicas. Segundo os autores os tipos *M. caesalpinifolia*, *M. pudica*, *M. tenuiflora/verrucosa*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Syagrus* são os mais significativos para a composição de méis claros (JESUS et al., 2014).

O espectro polínico de mel de *Melipona subnitida* foi estudado por Silva et al. (2013) na Caatinga do estado da Paraíba. Segundo os autores os tipos polínicos de Fabaceae representam as fontes primárias de néctar para essa espécie na Caatinga. No mesmo estudo foram listados 19 tipos polínicos e o tipo *Mimosa caesalpinifolia* foi categorizado como pólen dominante em 89% das amostras estudadas. Na Caatinga *M. subnitida* mantém uma estreita relação com plantas nativas, aproximadamente 77% dos tipos polínicos identificados por Costa et al. (2017) em amostras de méis, oriundas do Rio Grande do Norte, estão relacionadas a plantas nativas da Caatinga. Segundo os mesmos autores, *Pityrocarpa moniliformis*, *M. tenuiflora*, *M. sensitiva*, *Senna obtusifolia* e *Chamaecrista* foram os tipos polínicos mais abundantes nas amostras estudadas. De acordo com Maia-Silva et al. (2015) em períodos de escassez de alimento essa espécie de abelha seleciona suas fontes de recursos, concentrando a coleta em fontes com recursos abundantes, como árvores que florescem em massa e espécies vegetais com anteras poricidas. No estado do Maranhão Pinto et al. (2014) investigaram o conteúdo polínico de potes de alimentos de colônias de *M. subnitida* em uma área de restinga. Nos potes de mel foram identificados 50 tipos polínicos e os tipos *Humiria balsamifera*, *Chrysobalanus icaco*, *Coccoloba*, *Cuphea tenella* e *Borreria verticillata* foram os que mais contribuíram para a composição das amostras estudadas.

A primeira lista de tipos polínicos de importância para *M. fasciculata* foi publicado por Kerr et al. (1987), que estudaram o conteúdo polínico de potes de pólen de colônias oriundas da Baixada Maranhense e da Ilha de São Luís, Maranhão. A lista é composta por 79 tipos polínicos pertencentes a 36 famílias botânicas. Posteriormente, o conteúdo polínico de amostras de méis de *M. fasciculata* foi investigado por Martins et al. (2011) que avaliaram mensalmente amostras de mel oriundas da Baixada Ocidental Maranhense, essa região é caracterizada por apresentar campos inundados no período chuvoso e a presença de espécies vegetais típicas de áreas alagadas. Os autores listaram um total de 45 tipos polínicos

pertencentes a 22 famílias, os tipos polínicos *Pontederia parviflora* (Pontederiaceae) e *M. caesalpiniiifolia* (Fabaceae) foram os tipos mais frequentes nas amostras estudadas. Tipos polínicos de importância para *M. fasciculata* no estado do Maranhão foram listados com base no conteúdo polínico de geoprópolis. Barros et al. (2016) analisaram amostras de geoprópolis oriundas de área de Restinga, Cerrado e campos periodicamente inundados e listaram um total 38 tipos polínicos de 26 famílias botânicas. Os mesmos autores colocam os tipos *M. pudica*, *M. caesalpiniiifolia*, *Eucalyptus* e Euphorbiaceae como os tipos polínicos de maior importância para a composição das amostras. Nos municípios de Palmeirândia e Barreirinhas (Maranhão) 120 amostras de geoprópolis foram analisadas ao longo de um ano e foram identificados um total de 121 tipos polínicos (RIBEIRO et al., 2016). No município de Santa Luzia do Paruá, foram identificados um total de 64 tipos polínicos em amostras de geoprópolis provenientes de três colônias ao longo de um ano. Os tipos polínicos *Atalea speciosa*, *Borreria verticillata*, *Hyptis*, *Vernonia*, *Machaerium* e *Protium* foram os mais frequentes no conjunto amostral (RIBEIRO et al., 2018).

Um dos gargalos da produção melissopalínológica é a confecção de catálogos polínicos, que contribuem para a identificação, principalmente devido à grande diversidade vegetal brasileira. O investimento na formação de pesquisadores é necessário para fortalecer grupos de pesquisa e aumentar a publicação melissopalínológica no Brasil (SOUZA et al., 2019).

Aplicação da melissopalínologia no estudo da dieta de abelhas eussociais

Dados de espectro polínico de amostras de méis são utilizados na investigação dos recursos tróficos utilizados pelas abelhas eussociais (KLEINERT-GIOVANNINI e IMPERATRIZ-FONSECA, 1987; FERREIRA et al., 2017; LUCAS et al., 2018). Em geral esses autores fazem uso de índices ecológicos para calcular a amplitude do nicho. O índice de diversidade H' de Shannon e Weaver (1949) e de equitabilidade J' de Pielou (1977) são os mais utilizados.

A frequência dos tipos polínicos identificados nas amostras é utilizada para o cálculo dos índices. Valores menores de índice H' indicam a concentração do forrageio em poucas fontes florais. O índice de equitabilidade J' , indica o grau de uniformidade de coleta de recursos nas diferentes fontes. Varia entre 0 e 1, atingindo o valor máximo

quando todos os tipos polínicos apresentam a mesma frequência (FERREIRA e ABSY, 2017).

De forma geral as abelhas sociais possuem hábito alimentar generalista, por requerem uma grande quantidade de alimento ao longo do ano (MICHENER, 2007; RAMALHO et al., 2007). Entretanto, outros fatores como características biológicas e morfológicas da abelha, condições ambientais e tamanho da colônia, interferem no grau de generalismo de forrageamento (RAMALHO et al., 2007; FERREIRA e ABSY, 2017).

Quando comparadas as dietas de *A. mellifera* e *M. scutellaris* na Mata Atlântica, observou-se que *M. scutellaris* realizou coleta em fontes agrupadas espacialmente, como copa de árvores. Enquanto, *A. mellifera* explora fontes mais produtivas (RAMALHO et al., 2007).

Em área de Floresta Amazônica, quando comparadas a amplitude de nicho trófico entre diferentes espécies de Meliponini, observou-se que o forrageamento foi bastante distinto entre as espécies de abelhas estudadas, com uma espécie de *Trigona* apresentando um nicho mais amplo quando comparado a espécies de *Melipona* (OLIVEIRA et al., 2009). Em estudo no qual foram comparadas as dietas de duas espécies de *Melipona* na Floresta Amazônica, observou-se que o tamanho da colônia interfere na amplitude de nicho trófico das abelhas (FERREIRA e ABSY, 2017).

Diante do contexto da importância econômica e ecológica das abelhas eussociais e da existência de lacunas no conhecimento científico sobre a composição dos méis oriundos da porção mais ao norte do Nordeste, o presente estudo teve como objetivo identificar os recursos alimentares com base no espectro polínico de méis das abelhas sociais *Melipona subnitida* Ducke, 1910, *Melipona fasciculata* Smith, 1854 e *Apis mellifera* L., 1758 provenientes do estado do Piauí, Brasil.

Dessa forma, o presente trabalho foi dividido nos artigos a seguir:

Artigo 1: Fontes de recursos tróficos usados por *Melipona subnitida* Ducke, 1910 (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) com base no conteúdo polínico de amostras de mel;

Artigo 2: Tipos polínicos no mel de *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854 (Hymenoptera: Apidae) provenientes do estado do Piauí; e

Artigo 3: Espectro polínico e parâmetros físico-químicos de amostras de mel de *Apis mellifera* L., 1758 produzidos no semiárido do estado do Piauí, Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEMEL – Associação Brasileira de Exportadores de Mel. Setor apícola brasileiro em números. Disponível em: < <https://brazillletsbee.com.br/>>. Acessado em: 15 de janeiro de 2019.

ALMEIDA, A.M.M.; CARVALHO, C.A.L.; ABREU, R.D.; SANTOS, F.A.R.; ARAÚJO, R.C.M.S.; OLIVEIRA, P.P. Espectro polínico de amostras de mel de *Apis mellifera* L. provenientes de Nova Soure, Bahia. **Revista de Agricultura**, v. 80, n. 02, p.131–147, 2005.

ALMEIDA, D.; MARCHINI, L.C.; SODRÉ, G.S.; D'ÁVILLA, M.; ARRUDA, C.M.F. **Plantas visitadas por abelhas e polinização**. Piracicaba: ESALQ, 2003. 40p.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; STRAMM, K.M.; HORITA, A.; BARTH, M.O.; FREITAS, A.S.; ESTEVINHO, L.M. Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p. 1698–1706, 2013.

ALVES, R.M.O.; CARVALHO, C.A.L.; SOUZA, B.A. Espectro polínico de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith, 1863 (Hymenoptera: Apidae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 65-70, 2006.

ANDRADE, J.P.; COSTA, S.N.; SANTANA, A.L.A.; SANTOS, P.C.; ALVES, R.M.O.; CARVALHO, C.A.L. Perfil polínico do mel de *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) proveniente de colônias instaladas em área de agricultura familiar na Bahia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 636–640, 2009.

BARROS, M.H.M.R.; LUZ, C.F.P.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Pollen analysis of geopropolis of *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854 (Meliponini, Apidae, Hymenoptera) in areas of Restinga, Cerrado and flooded fields in the state of Maranhão, Brazil. **Grana**, v. 52, n. 2, p. 81–92, 2013.

BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 324-350, 2004.

BARTH, O. M.; MELHEM, T. S. **Glossário ilustrado de palinologia**. Campinas: Editora Unicamp, 1988.

BARTH, O.M. **O pólen no mel brasileiro**. Rio de Janeiro: Luxor, 1989. 226p.

BARTH, O.M. Palynology Serving the Stingless Bees. In: VIT, P.; PEDRO, S.R.M.; ROUBIK, D. (Eds.) **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York, Springer, 2013, p. 285-294.

BISHOP, H. **Robbing the bees: a biography of honey, the sweet liquid gold that seduced the world**. New York, Free Press, 2005.

BORGES, R.L.; JESUS, M.C.; CAMARGO, R.C.R.; SANTOS, F.A.R. Pollen content of marmeleiro (*Croton* spp., Euphorbiaceae) honey from Piauí State, Brazil. **Palynology**, v. 38, n. 2, p. 179-194, 2014.

BORGES, R.L.B.; JESUS, M.C.; CAMARGO, R.C.R.; SANTOS, F. A.R. Pollen types in honey produced in Caatinga vegetation, Brazil. **Palynology**, v. 43, p. 1–17, 2019. doi: 10.1080/01916122.2019.1617208

BORGES, R.L.B.; SANTOS, F.A.R. Tipos polínicos de *Apis mellifera* L. do Semiárido. In: SANTOS, F.A.R.; CARNEIRO, C.E. (Orgs.) **De Melli Semiaridi: analisando o mel nordestino**. Salvador: EDUFBA, 2015. 207p.

BURIL, M.T.; SANTOS, F.A.R.; ALVES, M. Diversidade polínica das Mimosoideae (Leguminosae) ocorrentes em uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** (Press), v.24, p.53–64, 2010.

CAMARGO, J.M.F., PEDRO, S.R.M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J.S.; URBAN, D.; MELO, G.A.R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. (2013). Disponível em: <<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>>. Acessado em: 12 de Outubro de 2018.

CARVALHO, A.T.; ZANELLA, F.C.V. Espécies de abelhas sem ferrão criadas no estado do Rio Grande do Norte. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KOÉDAM, D.; HRNCIR, M. (Eds.) **A abelha jandaíra no passado, no presente e no futuro**. Mossoró: EdUFERSA, 2017. p. 41-72.

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

CARVALHO, C.A.L.; NASCIMENTO, A.S.; PEREIRA, L. L.; MACHADO, C. S.; CLARTON, L. Fontes nectaríferas e poliníferas utilizadas por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) no Recôncavo Baiano. **Magistra**, v.18, p.249-256, 2006.

CARVALHO, G.C.A; RIBEIRO. M.H.M.; ARAUJO, A.C.A.M.; BARBOSA, M.M.; OLIVEIRA, F.S.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Flora de importância polínica utilizada por *Melipona (Melikerria) fasciculata*, 1854 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em área de Floresta Amazônica na Região de Baixada Maranhense, Brasil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 01, p. 58-68, 2016.

CHAMBÓ, E.D.; OLIVEIRA, N.T.E.; GARCIA, R.C.; DUARTE-JÚNIOR, J.B.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; TOLEDO, V.A.A. Pollination of rapeseed (*Brassica*

napus) by Africanized honeybees (Hymenoptera: Apidae) on two sowing dates. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.86, p.2087-2100, 2014. doi: 10.1590/0001-3765201420140134

CLARKE, K.E.; RINDERER, T.E.; FRANCK, P.; QUEZADA-EU'AN, J.G.; OLDROYD, B.P. The africanization of honeybees (*Apis mellifera* L.) of the Yucatan: a study of a massive hybridization event across time. **Evolution**, v. 56, p.1462-1474, 2002.

COSTA, C.C.A.; SILVA, C.I.; MAIA-SILVA, C.; LIMÃO, A.C.L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Origem botânica do mel jandaíra em áreas da Caatinga nativa do Rio Grande do Norte. *In*: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KOÉDAM, D.; HRNCIR, M. A abelha jandaíra no passado, no presente e no futuro (Eds.). Mossoró: EdUFERSA, 2017. p. 161-166.

COSTA-JÚNIOR, M.P.; HHAN, A.S.; SOUSA, E.P.; LIMA, P.V.P.S. Análise de cointegração com threshold nos Mercados Exportadores de Mel Natural no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 2, p. 305-320, 2015.

CRANE, E. **The world history of beekeeping and honey hunting**. 2ª ed. London: Routledge Chapman & Hall, 2000. 682p.

DE KLERK, P.; JOOSTEN, H. The difference between pollen types and pollen taxa: a plea for clarity and scientific freedom. **Quaternary Science Journal**, v. 56, p. 24-33, 2007. doi: <https://doi.org/10.3285/eg.56.3.02>.

ERDTMAN, G. The acetolized method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, v. 54, p. 561-564, 1960.

FAEGRI, K.; PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. London: Pergamin Press, 1979.

FERREIRA, M.G.; ABSY, M.L. Pollen analysis of honeys of *Melipona* (*Michmelia*) *seminigra merrillae* and *Melipona* (*Melikerria*) *interrupta* (Hymenoptera: Apidae) bred in Central Amazon, Brazil, **Grana**, v. 56, p. 1-15, 2017. doi: 10.1080/00173134.2016.1277259.

FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MEDINA, L.M.; KLEINERT, A. M.P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009.

GARIBALD, L.A.; CUNNINGHAM, S.A.; AIZEN, M.A.; PACKER, L.; HARDER, L.D. The potential for insect pollinators to alleviate global pollination deficits and enhance yields of fruit and seed crops. *In*: ROUBIK, D.W. (Ed.) **The Pollination of Cultivated Plants – a compendium for practitioners**, FAO: Roma, v. 1, 2 Ed., 2018. p. 35-53.

GIANNINI, T.C.; CORDEIRO, G.D.; FREITAS, B.; SARAIVA, A.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, p. 849-857, 2015.

GOULSON, D.; LYE, G.C.; DARVILL, B. Decline and conservation of Bumble Bees. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p.191–208, 2008.

HAWKINS, J.; VERE, N.; GRIFFITH, A.; FORD, C.R.; ALLAINGUILLAUME, J.; HEGARTY, M.J.; BAILLIE, L., ADAMS-GROOM, B. Using DNA Metabarcoding to identify the floral composition of honey: a new tool for investigating honey bee foraging preferences. **Plos One**, n. 26, p. 1-20, 2015.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 183-206, 1999.

HYDE, H.; WILLIAM, D. Palynology. **Nature**, v. 155-265, p. 265, 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Vol. 45. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acessado em: 20 de dezembro de 2018.

IMPERTRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. Polinizadores e Polinização – um tema global. In: IMPERTRIZ-FONSECA, V.L., CANHOS, D.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. (org). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo, EDUSP, 45, 2012, p. 25-48.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A.T.; MAIA, U.M.; BLOCHTEIN, B.; CARVALHO, C.A.L.; CARVALHO-ZILSE, G.A.; FREITAS, B.M. MENEZES, C.; RIBEIRO, M.F.; VENTURIERI, G.C.; IMPERTRIZ-FONSECA, V.L. Bees for development: Brazilian survey reveal show to optimize stingless beekeeping. **Plos One**, v. 10, n. 03, p. 1-21, 2015.

JESUS, M.C.; BORGES, R.L.B.; SOUZA, B.A.; BRANDÃO, H.N.; SANTOS, F.A.R. A study of pollen from light honeys produced in Piauí State, Brazil. **Palynology**, v. 38, p. 1-16, 2014.

KERR, W.E. A importância da meliponicultura para o país. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 1, p. 42-44, 1997.

KERR, W.E. The history of the introduction of Africanized Bees to Brazil. **South African Bee Journal**, v. 39, p. 3-5, 1967.

KERR, W.E.; ABSY, M.L.; MARQUES-SOUSA, A.C. Nectar and pollen species used by *Melipona compressipes fasciculata* bee, in Maranhão. **Acta Amazonica**, v. 16/17, p. 145-156, 1986/87.

KEVAN, P.G. Pollinator behavior and plant phenology. In: ROUBIK, D.W. (Ed.) **The Pollination of Cultivated Plants** – a compendium for practitioners, FAO: Roma, v. 2, 2 Ed., 2018, p. 121-128.

KHAN, A.S.; VIDAL, M.F.; LIMA, P.V.P.S.; BRAINER, M. S. C. P. **Perfil da apicultura no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2014.

KLEIJN, D.; BIESMEIJER, K.; DUPONT, Y.L.; NIELSEN, A.; POTTS, S.G.; SETTELE, J. Bee conservation: inclusive solutions. **Science**, v. 360, p. 389-390, 2018.

KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E; CANE, J.H; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. Aspects of trophic niche of *Melipona marginata* Lapeletier (Apidae, Meliponinae). **Apidologie**, v. 18, n. 1, p. 69-100, 1987.

LIEVEN, M.; CORREIA, K. R.; FLOR, T. L.; FORUNA, J. L. Avaliação da qualidade microbiológica do mel comercializado no extremo sul da Bahia. **Revista Baiana de Saúde Pública**. v.33, n.4, p.544-552, 2009.

LIMA, L.C.L.; SILVA, F.H.M.; SANTOS, F.A.R.; Palinologia de espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae – Mimosoidae) do Semiárido brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 794-805, 2008.

LOREZON, M.C.A.; MORGADO, L.N. Mel com biodiversidade. **Ciência Hoje**, v. 42, n. 249, p. 65-67, 2008.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. *Bee World*, **Gerrards Cross**, v.59, n.4, p.139-157, 1978.

LUCAS, C.I.S.; ANDRADE, W.C.; FERREIRA, A.F.; SODRÉ, G.S.; CARVALHO, C.A.L.; COSTA, A.P.C.; AGUIAR, C.M.L. Pollen types from colonies of *Melipona scutellaris*, Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) established in a coffee plantation. **Grana**, v. 57, p. 235-245, 2018. doi: 10.1080/00173134.2017.1330361.

MAIA, U.M.; JAFFE, R.; CARVALHO, A.T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Meliponiculture in Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 37, n.4, p.327-333, 2015.

MAIA-SILVA, C.; LIMÃO, A.A.C.; HRNCIR, M.; PEREIRA, J.S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The contribution of palynological conservation: a case study with *Melipona subnitida*. In: VIT, P.; SILVIA, R.M.; ROUBIK, D. (Eds.) **Pot-pollen in stingless bee melittology**. Springer International Publishing, v. 1, 2018. p. 89-101.

MARTINS, A.C. Abordagens históricas no estudo das interações planta-polinizador. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2. p. 39-52, 2013.

MARTINS, A.C.L.; RÊGO, M.M.C.; CARREIRA, L.M.M.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; Espectro polínico de Mel de tiúba (*Melipona fasciculata* Smith, 1854, (Hymenoptera, Apidae). **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 183-190, 2011.

MARTINS, C.F. CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Tree species used for nidification by stingless bees in the Brazilian Caatinga (Seridó, PB; João). **Biota Neotropica**, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2004.

MATOS, V. R.; SANTOS, F.A.R. Melissopalynology in an area of Atlantic Forest (northeast region, Brazil). **Grana**, v. 58, n. 2, p. 144–155, 2019.
doi:10.1080/00173134.2018.1545864

MATOS, V.R.; SANTOS, F.A.R. Pollen in honey of *Melipona scutellaris* L. (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic rainforest area in Bahia, Brazil. **Palynology**, v. 40, p. 1-35, 2015.

MELHEM, T.S.; CRUZ-BARROS, M.A.V.; CORRÊA, A.M.S.; MAKINO-WATANABE, H.; SILVESTRE-CAPELATO, M.S.F.; ESTEVES, V.L.G. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, v. 16, p. 1-104, 2003.

MICHENER, C.D. **The Bees of the World**. Baltimore: The Jonh Hopkins Universty Press, 2007. 953p.

MILFONT, M.O.; ROCHA, E.E.M.; LIMA, A.O.N.; FREITAS, B.M. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, p. 335-341, 2013.

MODRO, A. F. H.; MESSAGE, D.; LUZ, C. F. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; Flora de importância polinífera para *Apis mellifera* (L.) na Região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1145-1153, 2011.

MOORE, P.D.; WEBB, J.A. **An illustrated guide to pollen analysis**. London: Hodder and Stoughton, 1978.

MORAIS, M.M.; DE JONG, D.; MESSAGE, D.; GONÇALVES, L.S. Perspectivas e desafios para o uso das abelhas *Apis mellifera* como polinizadores no Brasil. *In*: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., CANHOS, D.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (org). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo, EDUSP, 45, 2012, p. 203-212.

MORETI, A.C.C.C.; CARVALHO, C.A.L.; MARCHINI, L.C.; OLIVEIRA, P. C. F. Espectro polínico de amostras de mel de *Apis mellifera* L., coletadas na Bahia. **Bragantia**, v. 59, n.1, p. 1-6, 2000.

NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, C.A.L. Pollen morphology of Myrtaceae visited by social bees. **Plant Science Today**, v. 6, n. 2, p. 98-195, 2019.

NASCIMENTO, A.S.; CARVALHO, C.A.L.; SODRÉ, G.S.; PEREIRA, L.L.; MACHADO, C.S.; JESUS, L.S. Recursos nectaríferos e poliníferos explorados por *Melipona quadrifasciata anthidioides* em Cruz das Almas, Bahia. **Magistra**, 21, p.25–29, 2009.

- NASCIMENTO, A.S.; CARVALO, C.A.L.; SODRE, G.S. The Pollen Spectrum of *Apis mellifera* Honey from Recôncavo of Bahia, Brazil. **Journal of Scientific Research & Reports**, v. 6, n. 6, p. 426-438, 2015.
- NOOR, M.J.; AHMAD, M.; ASHRAF, M.A.; ZAFAR, M.; SULTANA, S. A review of the pollen analysis of South Asian honey to identify the bee floras of the region. **Palynology**, v. 39, n.1, p. 1-2, 2015.
- NOVAIS, J. S.; LIMA, L. C. L.; SANTOS, F. A. R. Botanical affinity of pollen harvested by *Apis mellifera* L. in a semi-arid area from Bahia, Brazil. **Grana**, v. 48, p. 224–234, 2009.
- NOVAIS, J.S.; ABSY, M.L.; SANTOS, F.A.R. Pollen grains in honeys produced by *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Hymenoptera: Apidae) in tropical semi-arid areas of north-eastern Brazil. **Arthropod-Plant Interact**, v. 07, p. 619–632, 2013.
- NOVAIS, J.S.; LIMA, L.C.L.; SANTOS, F.A.R. Espectro polínico de méis de *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811 coletados na caatinga de Canudos, Bahia, Brasil. **Magistra**, v.18, p. 257–264, 2006.
- OLIVEIRA, D.J.; CARVALHO, C.A.L.; SODRÉ, G.S.; PAIXÃO, J.F.; ALVES, R.M.O. Partitioning of pollen resources by two stingless bee species in the north Bahia, Brazil. **Grana**, V. 04, p. 1–9, 2016.
- OLIVEIRA, F.P.M.; ABSY, M.L.; MIRANDA, I.S. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus – Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, n.3, p. 505-518, 2009.
- OLIVEIRA, P.P.; SANTOS, F.A.R.; **Prospecção Palinológica em Méis da Bahia**. Feira de Santana: Print Mídia, 2014. 120p.
- OLIVEIRA, P.P.; VAN DEN BERG, C.; SANTOS, F.A.R. Pollen analysis of honeys from caatinga vegetation of the state of Bahia, Brazil. **Grana**, v. 49, n. 1, p. 66-75, 2010.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, p. 321–326, 2011.
- PACHECO-FILHO, A.J.S.; VERDE, C.F.; VERDE, L.W.L.; FREITAS, B.M. Bee-flower association in the Neotropics: implications to bee conservation and plant pollination. **Apidologie**, v. 47, p. 530-541, 2015.
- PEDRO, S.R.M. The Stingless Bee Fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348-354, 2014.
- PEREIRA, F.M.; MEIRELLES, R.N.; MORAES, J.I.S.; PEREIRA, L.A.; SOUZA, B.A.; LOPES, M.T.R. Contribuição ao conhecimento da bionomia da abelha tíuba, *Melipona fasciculata*. **Revista RG News**, v. 5, n. 1, p. 23-28, 2019.
- PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

PINTO, R.S.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; RÊGO, M.M.C. Pollen Analysis of Food Pots Stored by *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) in a Restinga area. **Sociobiology**, v.61, n. 4, p. 461-469, 2014.

PONNUCHAMY, R., BONHOMME, V., PRASAD, S., DAS, L., PATEL, P., GAUCHEREL, C., PRAGASAM, A. ANUPAMA, K. Honey Pollen: Using Melissopalynology to Understand Foraging Preferences of Bees in Tropical South India. **Plos One**, v, 9, n. 7, 2014.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 25, p. 345-353. 2010.

POTTS, S.G., IMPERATRIZ-FONSECA, V., NGO, H.T., AIZEN, M.A., BIESMEIJER, J.C., BREEZE, T.D; DICKS, L. V; GARIBALDI, L. A; HILL, R; SETTELE, J; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, p. 220–229, 2016.

PUNT, W.; HOEN, P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 143, n. 1-2, p. 1-81, 2007.

QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; NATES-PARRA, G.; MAUÉS, M.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; ROUBIK, D.W. Economic and cultural values of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) among ethnic groups of Tropical America. **Sociobiology**, v. 64, n. 4, p. 534-557, 2018.

QUIRINO, Z.G.M.; MACHADO, I.C. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n, 1, p. 62-71, 2014.

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. **Acta Botanica Brasilica**, v.18, p. 34-47, 2004.

RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. **Apidologie**, v. 21, p. 469-488, 1990.

RAMALHO, M.; SILVA, M. D. E.; CARVALHO, C. L. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio tropical atlântico. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 38-45, 2007.

RIBEIRO, M.H.M.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; LUZ, C.F.P. Pollen profile of Geopropolis samples collected of “Tiúba” (*Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854) in areas of Cerrado and flooded fields in the state of Maranhão, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, p. 895–912, 2016.

RIBEIRO, M.H.N.; LUZ, C.F.P.; ALBUQUERQUE, P.C.C. Palynology as a tool for distinguishing geoprópolis samples from stingless bee species in the Maranhense Amazon, Brazil. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 05, 2018.

RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A., KREMEN, C., BOGDANSKI, A., GEMMILL-HERREN, B., GREENLEAF, S.S., KLEIN, A.M., MAYFIELD, M.M., MORANDIN, L.A., OCHIENG, A. VIANA & B. F. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

ROUBIK, D.W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge, Cambridge University Press, 1989. 528p.

ROUBIK, D.W.; MORENO, J.E. A pollen atlas of cultivated plants. *In*: ROUBIK, D.W. (Ed.) **The Pollination of Cultivated Plants** – a compendium for practitioners, FAO: Roma, v. 2, 2018, p. 185-213.

ROUBIK, D.W.; MORENO, P.J.E. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991.

RUOFF, K.; BOGDANOV, S. Authenticity of honey and other bee products. **Apiacta**, v. 38, p. 317-327, 2004.

SAKAI, Y.; KOLLER, A.; RANGELL, L.K.; KELLER, G.A.; SUBRAMANI, S.; Peroxisome degradation by microautophagy in *Pichia pastoris*: identification of specific steps and morphological intermediates. **Journal of Cell Biology**, v. 141, p. 625–636, 1998.

SANTOS, F.A.R. Identificação botânica do pólen apícola. **Magistra**, v.23, p. 4–9, 2011.

SANTOS JÚNIOR, M.C.; SANTOS, F.A.R. Espectro polínico de amostras de méis coletadas na microrregião do Paraguassu, Bahia, **Magistra**, v. 15, p. 79-85, 2003.

SANTOS, F.A.R.; KIILL, L.H.P.; CARNEIRO-TORRES, D.S.; LIMA, L.C.L.; SILVA, T.M.S.; NOVAIS, J.S.; DÓREA, M.C.; CARNEIRO, C.M.; CORREIA, M. C. N. Grupos de Uso e as Espécies Prioritárias - Espécies melíferas. *In*: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F.G.C. (Org.). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro: Região Nordeste**. 1ed.Brasília: MMA, 2018, p. 969-1010.

SERRA, B.D.; LUZ, C.F.P.; CAMPOS, L.A.O. The use of polliniferous resources by *Melipona capixaba*, an endangered stingless bee species. **Journal of Insect Science**, v.12, p.1-14, 2012.

SHANNON, C.E.; WEAVER, J.E. **The mathematical theory of communication**. Champaign, IL: University of Illinois Press, 1949.

SILVA, A.P.C.; SANTOS, F.A.R. Pollen diversity in honey from Sergipe, Brazil. **Grana**, v. 53, n. 02, p. 159-170, 2014.

SILVA, A.P.S.; ALVES, R.M.O.; SANTOS, F.A.R. The role of *Mimosa* L. (Fabaceae) on pollen provision of *Melipona asilvai* Moure 1971 in a Caatinga area from Brazil. **Grana**, v. 57, p. 1-11, 2017.

SILVA, C.I.; MAIA-SILVA, C.; SANTOS, F.A.R.; BAUERMANN, S.G. O uso da palinologia como ferramenta em estudos sobre ecologia e conservação de polinizadores no Brasil. *In*: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A.L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. **Polinizadores no Brasil**, São Paulo: Editora da Universidade Federal de São Paulo, 2012. 488p.

SILVA, T.M.S.; SANTOS, F.P.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E.M.S.; SILVA, G.S.; NOVAIS, J.S.; SANTOS, F.A.R.; CAMARA, C.A. Phenolic compounds, melissopalynological, physico-chemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 10-18, 2013.

SILVA-NETO, C.M.; LIMA, F.G.; GONÇALVES, B.B.; BERGAMINI, L.L.; BERGAMINI, B.A.R.; ELIAS, M.A.S.; FRANCESCHINELLI, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11, n. 6, p. 41-45, 2013.

SLAA, E.J. SANCHEZ-CHAVEZ, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE, F.E. Stigless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; CARVALHO, C.A.L.; MORETI, A.C.C. Pollen analysis in honey from two main producing regions in the Brazilian northeast. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 3, p. 381-388, 2007.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.; CARVALHO, C.A.L. Tipos polínicos encontrados em amostras de méis de *Apis mellifera* em Picos, Estado do Piauí. **Ciência Rural**, v. 38, n.3, p.839-842, 2008.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C.; CARVALHO, C.A.L. Análises polínicas de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae) do Litoral Norte do Estado da Bahia. **Revista de Agricultura**, v. 76, n. 2, p. 215-225, 2001.

SOUSA, G.M.; VIEIRA, F.J.; OLIVEIRA, L.S.D.; SOARES, S.M.N.A.; BARROS, R.F.M. Espécies apícolas e melitófilas da flora do estado do Piauí. *In*: SANTOS, F.A.R.; CARNEIRO, C.E. (Orgs.) **De Melli Semiaridi**: analisando o mel nordestino. Salvador: EDUFBA, 2015. p. 11-44.

SOUZA, L.S.; LUCAS, C.I.S.; CONCEIÇÃO, P.J. PAIXÃO, J.F. ALVES, R.M.O. Pollen spectrum of the honey of uruçú bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) (Hymenoptera: Apidae) in North Coast of Bahia. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 37, p. 483-489, 2015.

SOUZA, R.R.; ABREU, V.H.R.; NOVAIS, J.S.M. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. **Palynology**, v. 43, p. 1-11, 2019.

THOMPSON, J.N. **The coevolutionary process**. Chicago: University of Chicago Press, 1994. 383p.

VENTURIERI, G.C.; ALVES, D.A.; VILLAS-BÔAS, J.K.; CARVALHO, C.A.L.; MENEZES, C.M.; VOLLET-NETO, A.; CONTRERA, F.A.L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização. *In*: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., CANHOS, D.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (Org). **Polinizadores no Brasil**: contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo, EDUSP, 45, 2012, p. 213-236.

VENTURIERI, G.C.; RAIOL, V.F.O.; PEREIRA, C.A.B. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina) entre os agricultores familiares de Bragança – PA, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, 2003.

VILHENA, A. M. G. F.; RABELO, L. S.; BASTOS, E.M.A.F.; AUGUSTO, S. C. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. **Apidologie**, v.43, n. 1, p. 51-62, 2011.

VILLANUEVA-GUTIEREZ, R.; ROUBIK, D.W.; COLLI-UCÁN, W. Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán peninsula. **Bee World**, v. 86, n. 2, p. 35-41, 2005.

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

ARTIGO 1

**Fontes de recursos tróficos usados por *Melipona subnitida* Ducke, 1910
(Hymenoptera: Apidae, Meliponini) com base no conteúdo polínico de
amostras de mel¹**

¹ Manuscrito será ajustado e traduzido para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Sociobiology.

**Fontes de recursos tróficos usados por *Melipona subnitida* Ducke, 1910
(Hymenoptera: Apidae, Meliponini) com base no conteúdo polínico de
amostras de mel**

Resumo:

Melipona subnitida é uma importante espécie de abelha sem ferrão nativa do Nordeste do Brasil. Essa espécie tem grande relevância para a meliponicultura na Caatinga brasileira. Nesse sentido o conhecimento da flora utilizada por essas abelhas contribui para o desenvolvimento dessa atividade, o objetivo do presente estudo foi objetivo desse trabalho foi indicar os recursos florais utilizados por *Melipona subnitida* com base no conteúdo polínico de méis e avaliar a amplitude de seu nicho trófico no litoral do estado do Piauí, Brasil. O conteúdo polínico de doze amostras de mel foi analisado. Um total de 70 tipos polínicos, distribuídos em 25 famílias botânicas, foram identificados. Fabaceae foi a família com maior riqueza de tipos polínicos. Seis tipos polínicos foram categorizados como muito frequentes no conjunto amostral: *Byrsonima*, *Caesalpinia*, *Chamaecrista* 1, *Cocos nucifera*, *Lantana camara* e *Tibouchina*. Aproximadamente 40% dos tipos polínicos estão relacionados a plantas de hábito arbóreo. Os tipos polínicos *Arecaceae*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Tibouchina* foram classificados como pólen dominante em pelo menos uma das amostras. A diversidade (H') dos tipos polínicos identificados em amostras de mel de *M. subnitida* foi de 3,13 e a uniformidade (J') foi moderada com valor geral de 0,73. *Melipona subnitida* coleta recursos em uma diversidade de plantas, entretanto, um subconjunto de plantas possui maior importância para a manutenção das populações desta espécie de abelha.

Palavras-chave: Tipos polínicos, abelhas sociais sem ferrão, Fabaceae.

Trophic sources used by *Melipona subnitida* Ducke, 1910 (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) based on pollen content of honey samples

Abstract:

Melipona subnitida is an important species of stingless bee native to northeastern Brazil. This species has great relevance for meliponiculture in the Brazilian Caatinga. Therefore, the knowledge of the flora used by these bees contributes to the development of meliponiculture. This study investigated the floral resources used by *Melipona subnitida* based on the pollen content of honeys and evaluated the amplitude of their trophic niche on the coast of Piauí State, Brazil. We analyzed the pollen content of 12 honey samples. We identified 70 pollen types, distributed in 25 botanical families. Fabaceae was the richest family of pollen types. Six pollen types were categorized as very common in the sample set: *Byrsonima*, *Caesalpinia*, *Chamaecrista* 1, *Cocos nucifera*, *Lantana camara* and *Tibouchina*. About 40% of pollen types were related to tree habitats. Pollen types *Arecaceae*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Pityrocarpa moniliformis* and *Tibouchina* were classified as dominant pollen in at least one of the samples. The diversity (H') of the pollen types identified in *M. subnitida* honey samples was 3.13 and the uniformity (J') was moderate with an overall value of 0.73. *M. subnitida* collects resources from a diversity of plants; however, a subset of plants is of greater importance for the maintenance of populations of this bee species.

Keywords: Pollen types, stingless bees, Fabaceae.

INTRODUÇÃO

As abelhas sociais possuem uma contínua dependência de recursos florais, principalmente pólen e néctar, que precisam ser estocados em quantidade para a manutenção de colônias perenes (Ramalho et al., 2007). Para estocar alimento as operárias necessitam visitar uma grande quantidade de flores. Durante as visitas as abelhas efetuam a polinização de muitas espécies vegetais nativas e cultivadas, o que as colocam como importantes agentes para a manutenção de diversos ecossistemas (Heard, 1999; Silva et al., 2005; Cruz et al., 2005; Slaa et al., 2006).

A identificação das plantas utilizadas pelas abelhas para a coleta de recursos florais é uma ferramenta indispensável para a manutenção das populações de abelhas e dos serviços de polinização por elas prestado, além do planejamento de estratégias para conservação de polinizadores (Aguiar et al., 2013). Essa identificação pode ser realizada de forma direta, pela observação da visita das operárias nas flores, ou de forma indireta, pela identificação das fontes de recursos após as abelhas estocarem o alimento na colônia, utilizando técnicas como a análise polínica (Barth, 2004; Ferreira & Absy, 2017).

A análise dos grãos de pólen presentes no mel das abelhas fornece indícios das diferentes espécies vegetais de importância para a manutenção das populações de abelhas e essenciais à sobrevivência da colônia (Maia-Silva et al., 2018), oferecendo informações sobre a amplitude de nicho trófico desses insetos (Novais & Absy, 2015, Ferreira & Absy, 2017; Lucas et al., 2018; Rezende et al., 2018). Adicionalmente, indica as plantas que mais contribuem para a produção de mel e outros produtos da colmeia (Barth, 2004), informação que pode ser utilizada para o desenvolvimento da meliponicultura por meio da comercialização desses produtos.

No Brasil a meliponicultura é uma importante atividade socioeconômica, que tem crescido exponencialmente nos últimos anos (Carvalho et al., 2013). *Melipona subnitida* (conhecida popularmente como jandaíra) é uma abelha nativa da Caatinga nordestina (Zanella, 2000), ocorre naturalmente em todos os Estados do Nordeste brasileiro (Pedro, 2014), e é manejada por meliponicultores em muitos estados da região (Maia et al., 2015). Em seu ambiente natural essa abelha possui uma estreita interação com espécies vegetais nativas, principalmente árvores que apresentam

floração em massa (Maia-Silva et al., 2015; 2018) e arbustos que apresentam flores com anteras poricidas (Pinto et al., 2014; Maia et al., 2015; Costa et al., 2017).

A análise polínica do mel de *M. subnitida* já foi realizada em amostras provenientes dos estados do Maranhão (Pinto et al., 2014; Rêgo et al., 2017), Paraíba (Silva et al., 2013) e Rio Grande do Norte (Costa et al., 2017), entretanto, as informações sobre a dieta dessa espécie ainda são escassas e não foram realizados estudos para determinar os tipos polínicos de interesse para *M. subnitida* na vegetação do litoral do estado do Piauí, Brasil. Com base no exposto, o objetivo desse trabalho foi indicar os recursos florais utilizados por *Melipona subnitida* com base no conteúdo polínico de méis produzidos no litoral estado do Piauí e avaliar a amplitude de seu nicho trófico na área estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As amostras foram coletadas em meliponários localizados na Área de Proteção do Delta do Parnaíba e nos municípios de Cajueiro da Praia e Murici dos Portelas, microrregião do Litoral do estado do Piauí, Mesorregião Norte Piauiense (Figura 1). A vegetação costeira do litoral piauiense é formada pela tensão ecológica entre as formações de caatinga e cerrado, resultando em uma situação diferenciada das outras regiões litorâneas do Brasil (Castro, 2007).

A Área de Proteção do Delta do Parnaíba é formada por ilhas e praias continentais na foz do rio Parnaíba e inclui territórios de três estados distintos (Maranhão, Piauí e Ceará) (Santos-Filho et al., 2016). A região Delta do Parnaíba possui extensas áreas de mangue, com uma vegetação altamente especializada. O município de Cajueiro da Praia possui vegetação de restinga e mangue, enquanto o município de Murici dos Portelas é formado por vegetação típica do cerrado (Castro, 2007). A região possui alta biodiversidade com espécies botânicas raras e prováveis endemismos que ao longo dos anos são ameaçadas pela fragmentação dos habitats gerado pelo avanço da agropecuária e aquicultura (Santos-Filho et al., 2016). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical quente e úmido (Aw'), com alto índice de pluviosidade durante o verão (Peel et al., 2007).

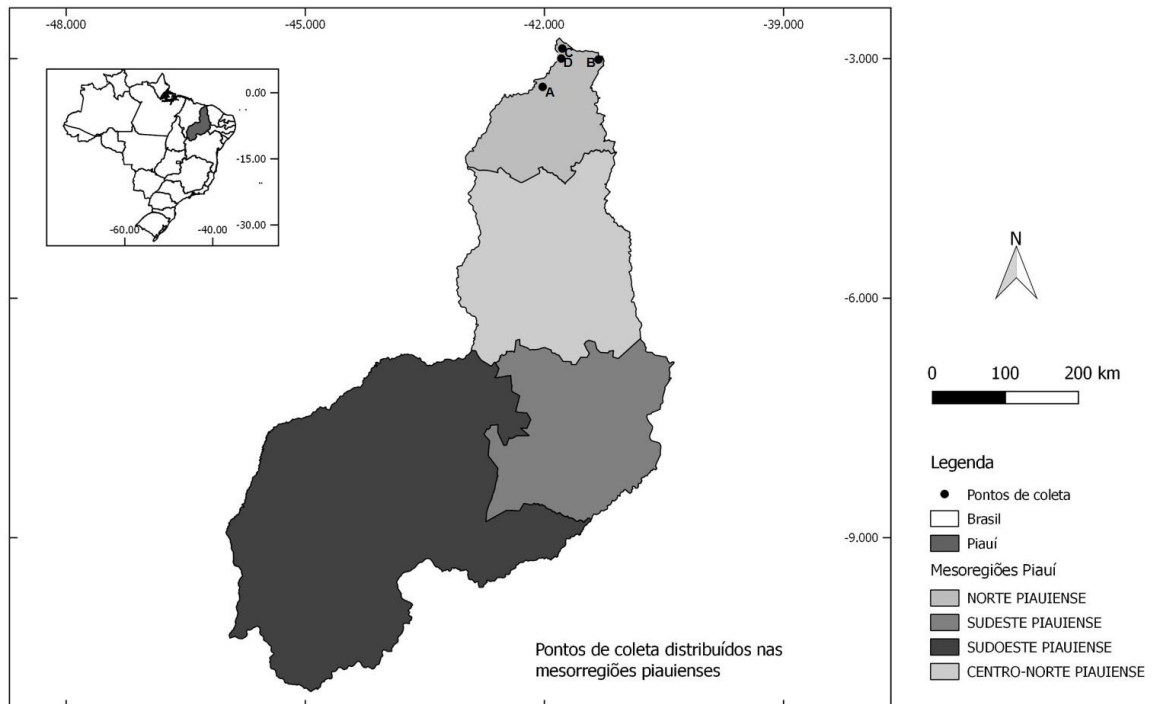


Figura 1: Pontos de coleta de amostras de mel de *Melipona subnitida* destacados no Mapa do estado do Piauí, Mesorregião Norte Piauiense, onde A= Murici dos Portelas; B e C= Delta do Parnaíba e D= Cajueiro da Praia.

Amostragem

Doze amostras de mel de *Melipona subnitida* foram coletadas diretamente de pequenos meliponicultores em quatro meliponários distintos nos meses de julho de 2015 e março de 2016 (Tabela 1; Figura 1). As amostras, cerca de 300 g, foram coletadas com seringas descartáveis, armazenados em potes com tampa, acondicionados em geladeira e posteriormente encaminhadas para o Laboratório do Núcleo de Pesquisa dos Insetos (INSECTA) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, município de Cruz das Almas, Bahia.

Tabela 1. Lista de amostras de méis de *Melipona subnitida* provenientes do estado do Piauí: Julho/2015 - março/2016.

Amostra	Data de Coleta	Local de Coleta	Coordenadas	População
1	Julho/2015	Murici dos Portelas	3°21'327"S 41°59'749"O	A
2	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°46'054"S 41°56'224"O	B
3	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°46'054"S 41°56'224"O	B
4	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°46'054"S 41°56'224"O	B
5	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°46'054"S 41°56'224"O	B
6	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°46'054"S 41°56'224"O	B
7	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°46'054"S 41°56'224"O	B
8	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°44'731"S 41°59'137"O	C
9	Julho/2015	Delta do Parnaíba	2°44'731"S 41°59'137"O	C
10	Julho/2015	Cajueiro da Praia	3°00'633"S 41°19'274"O	D
11	Março/2016	Cajueiro da Praia	3°00'633"S 41°19'274"O	D
12	Março/2016	Cajueiro da Praia	3°00'633"S 41°19'274"O	D

Procedimentos Palinológicos

Em laboratório as amostras foram diluídas em 10 mL água destilada (40°C) conforme Louveaux et al. (1978), em seguida acrescentou-se 50 mL de álcool (95%) de acordo com as recomendações de Jones e Bryant (2004) e posteriormente acetolizadas (Erdtman, 1960). Foram montadas quatro lâminas para cada amostra em gelatina glicerinada e seladas com verniz incolor.

Para cada amostra foram contados no mínimo 500 grãos de pólen. A afinidade botânica foi determinada por comparação dos tipos polínicos encontrados nas amostras com o laminário de referência da UFRB e com figuras e descrições contidas na literatura (Roubik & Moreno, 1991; Lima et al. 2008; Borges & Santos, 2015).

Análise dos dados

Foram determinadas a frequência de cada tipo polínico por amostra e os tipos foram classificados de acordo com sua ocorrência segundo Louveaux et al. (1978): pólen dominante (>45% do total de grãos na amostra) (PD), pólen acessório (16 a 45%) (PA), pólen isolado importante (3 a 15%) (Pii) e pólen isolado ocasional (<3%)

(Pio). Para cada tipo polínico foi calculada a sua frequência relativa total, baseada no total geral de grãos de pólen contados em todas as amostras.

Os tipos polínicos foram classificados de acordo com a sua distribuição no conjunto amostral, baseado na porcentagem de ocorrência de cada tipo polínico, sendo classificados em raro (<10%), pouco frequente (de 10 a 20%), frequente (de 21 a 50%) ou muito frequente (> 50%) (Feller-Demalsy et al., 1987).

Para a determinação da amplitude de nicho trófico foram utilizados os índices de índices de diversidade (H') (Shannon & Weaver, 1949) e uniformidade (J') (Pielou, 1977).

Para análise de agrupamento a frequência absoluta dos tipos polínicos com frequência superior a 10% em pelo menos uma das amostras foi utilizada para gerar o dendograma de similaridade entre as populações amostradas. O dendograma foi baseado na distância euclidiana e foi utilizado o método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). A validação do agrupamento foi determinada pelo cálculo do coeficiente de correlação cofenético (ccc). O número de grupos foi determinado pelo índice “pseudot2”, do pacote NbClust do programa estatístico R (R core, 2018). O dendograma foi gerado a partir do programa estatístico PAST (*Paleontological Statistics*) versão 2.15 (Hammer et al., 2001). A interação entre as diferentes populações de *Melipona subnitida* e os recursos coletados, baseados no conteúdo polínico, está apresentada grafos bipartidos gerados pelo pacote bipartite do programa estatístico R (Dormann et al., 2008; R core, 2018).

RESULTADOS

A partir da análise do conteúdo polínico das amostras de mel de *M. subnitida* foi possível identificar um total de 70 tipos polínicos, destes 66 estão relacionados espécies vegetais pertencentes a 25 famílias botânicas e 35 gêneros (Tabela 2). Quatro tipos polínicos não tiveram a afinidade botânica determinada. A maior riqueza de tipos polínicos foi registrada na amostra 10 (23 tipos) e a menor na amostra 5 (cinco tipos) (Tabela 3), sendo o número médio de $15,20 \pm 5,4$ tipos por amostras.

As famílias com maior contribuição em riqueza de tipos polínicos foram Fabaceae (24 tipos – 34,29% dos tipos identificados), Rubiaceae (6), Myrtaceae (5),

Anacardiaceae, Asteraceae e Euphorbiaceae (três tipos cada). Aproximadamente 23% das famílias foram representadas por um único tipo polínico.

A maioria dos tipos polínicos foi categorizada como raro (50%) baseado na frequência de ocorrência, ou seja, 50% dos tipos polínicos ocorreram em menos de 10% das amostras. Seis tipos polínicos foram categorizados como muito frequentes e estão distribuídos nas famílias: *Arecaceae* (*Cocos nucifera*), *Fabaceae* (*Caesalpinia*, *Chamaecrista* 1), *Malpighiaceae* (*Byrsonima*), *Melastomataceae* (*Tibouchina*) e *Verbenaceae* (*Lantana camara*) (Figura 2). Outros 16 tipos polínicos foram classificados como frequente e 14 como pouco frequente no conjunto amostral (Tabela 2).

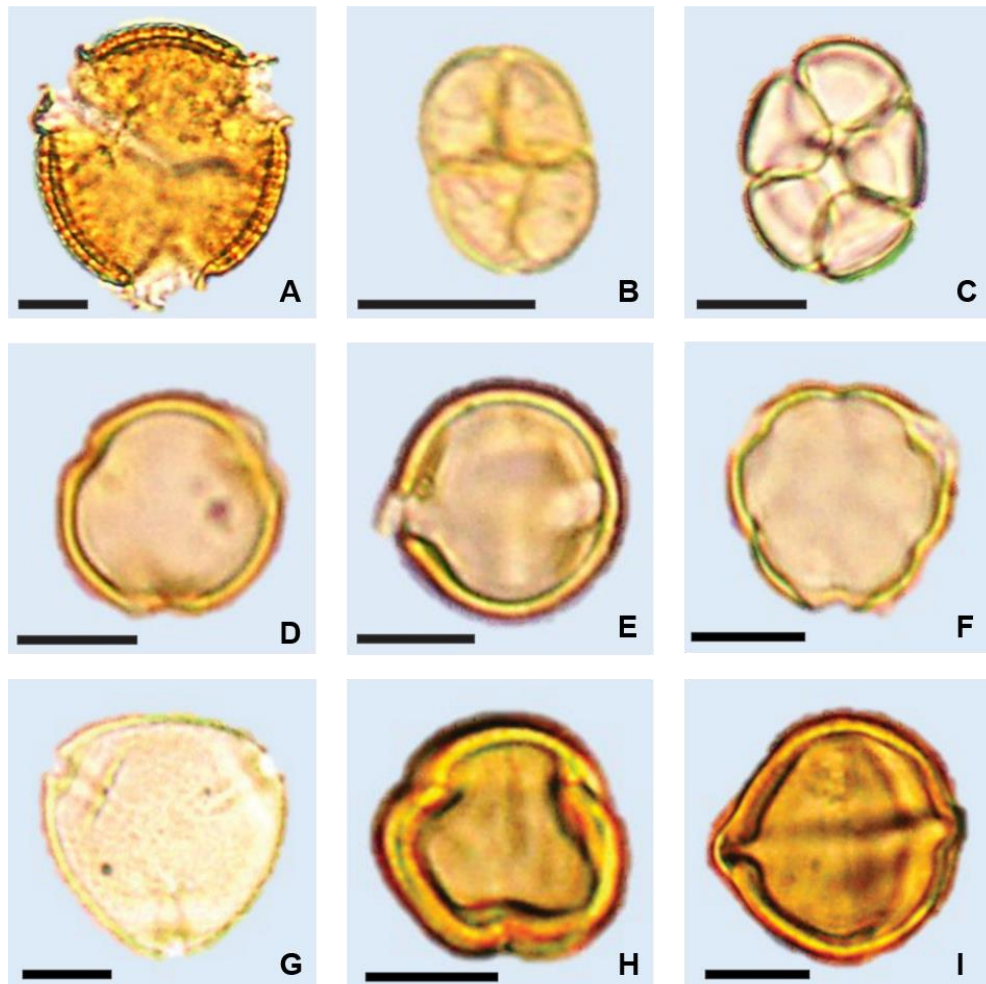


Figura 2. Principais tipos polínicos presentes nos méis de *Melipona subnitida* provenientes do Piauí, Brasil. **Fabaceae:** A – *Caesalpinia*. B - *Mimosa caesalpiniiifolia*. C- *Pityrocarpa moniliformis*. **Malpighiaceae:** D – E: *Byrsonima*. **Melastomataceae:** F – *Tibouchina*. **Myrtaceae:** G. *Myrcia* 1. **Verbenaceae:** H - I *Lantana camara*. (Escala: 10 µm).

Os tipos polínicos foram relacionados a espécies vegetais de hábito arbóreo com maior frequência (38,33%), seguido por arbustivo (30,00%), herbáceo (23,33%), subarbustos (5,00%) e trepadeiras (3,33%). A maior parte dos tipos polínicos foi relacionado a espécies que ofertam tanto néctar como pólen (29 tipos), seguido por espécies poliníferas (19) e nectaríferas (12) (Tabela 2).

Cinco amostras (42%) apresentaram tipos polínicos categorizados como pólen dominante (PD). O tipo *Pityrocarpa moniliformis* (Fabaceae) foi dominante em duas amostras e os tipos *Arecaceae*, *Tibouchina* (Melastomataceae) e *Mimosa caesalpiniiifolia* (Fabaceae) foram dominantes em uma amostra cada. Doze tipos polínicos foram categorizados como Pólen Acessório, distribuídos nas famílias: *Arecaceae* (*Cocos nucifera*), *Erythroxylaceae* (*Erythroxylum*), *Fabaceae* (*Caesalpinia*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Senna* 2), *Malpighiaceae* (*Byrsonima*), *Melastomataceae* (*Miconia*), *Myrtaceae* (*Myrcia* 1, *Psidium* 1 e *Psidium* 2), *Rubiaceae* (*Borreria verticillata*) e *Verbenaceae* (*Lantana camara*) (Tabela 2).

A rede de interações entre as populações de *M. subnitida* e as plantas relacionadas aos tipos polínicos foi representada por um grafo bipartido (Figura 3). A partir do grafo é possível observar interações mais fortes com as plantas relacionadas aos tipos polínicos classificados como pólen dominante, bem como aqueles tipos, classificados como muito frequente.

A diversidade (H') dos tipos polínicos identificados nas amostras de mel de *M. subnitida* foi de 3,13, variando entre 0,95 (amostra 5 – População B) a 2,40 (amostra 10- População D) (Figura 4). As amostras 5 e 10 foram as que apresentaram o menor (5) e o maior (23) número de tipos polínicos por amostra, respectivamente (Tabela 2). O índice de uniformidade (J') geral foi de 0,73 com valor mínimo de 0,52 apresentado pela amostra 11 (População D) e máximo de 0,88 na amostra 9 (População C).

Tabela 2: Tipos polínicos presentes em amostras (1 a 12) de mel de *Melipona subnitida* provenientes do estado do Piauí, Brasil. Classe de Frequência: PD = pólen dominante (>45% do total de grãos na amostra); PA = pólen acessório (16 a 45%); Pii = pólen isolado importante (3 a 15%); Pio= pólen isolado ocasional (<3%). FO (Frequência de ocorrência): muito frequente (MF); frequente (F); pouco frequente (PF); raro (R); RF (Recursos florais): néctar (N), pólen (P). HC (Hábito de Crescimento): árvore (Av); arbusto (Ab); subarbusto (Sb); herbácea (H) e trepadeira (T).

Família	Tipo polínico	Amostras												FO	RF	HC
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>						Pii							R	N/P/R ¹	Av ¹
	<i>Spondias</i>			Pii									Pio	PF	N/R ¹	Av ¹
	<i>Tapirira</i>								Pio		Pio			PF	N/R ¹	Av ¹
Arecaceae	Arecaceae					PD								R	N/P ⁴	Av ⁴
	<i>Cocos nucifera</i>	Pio	Pio				Pio	PA	Pio				Pio	MF	P ⁴	Av ⁴
Asteraceae	<i>Elephantopus</i>							Pio						R	N/P ⁴	H ⁴
	<i>Eupatorium</i>								Pio					R	N/P	Sb ³
	<i>Vernonanthura</i>								Pio					R	N/P ¹	Ab/H ¹
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>						Pii							R	N/P ⁴	Av ⁵
Burseraceae	<i>Protium</i>						Pio							R	N/R ¹	Av ¹
Combretaceae	<i>Combretum</i>						Pii			Pio				PF	N/P ⁴	Av/Ab ⁵
Commenilaceae	Commenilaceae										Pio			R	N ¹	H ¹
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>		Pio	Pii	PA									F	N/P ⁴	Ab ⁴
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>		Pio									Pio		PF	N/P ⁴	Av/Ab/Sb/H ³
	<i>Dalechampia</i>										Pio			R	N ⁴	L4/Tr ⁵
	<i>Euphorbia</i>	Pii	Pio			Pio		Pio		Pii	Pii		Pii	MF	N ⁴	H ⁴

Tabela 2: (Continuação)

Família	Tipo polínico	Amostras												FO	RF	HC	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Fabaceae	<i>Acacia</i>		Pio												R	N/P ⁶	Av ⁶
	<i>Caesalpinia</i>	PA	Pio	Pii				PA	Pio	Pii	PA	Pio	Pii	MF	N ²	Av ²	
	Caesalpinioideae											Pio		R	-	-	
	<i>Chamaecrista</i> 1	Pii	Pii	Pio	Pio		Pii			Pii	Pio			MF	P ⁴	H/Ab ⁴	
	<i>Chamaecrista</i> 2							Pio						R	P ⁴	H/Ab ⁴	
	<i>Copaifera</i>			Pio		Pio			Pii					F	P/N ⁴	Av ⁵	
	Fabaceae 1						Pio	Pio						PF	N/P ¹	Ab/Av/H ¹	
	Fabaceae 2			Pio								Pio		PF	N/P ¹	Ab/Av/H ¹	
	Fabaceae 3											Pio		R	-	-	
	Faboideae											Pio		R	-	-	
	<i>Machaerium</i>								Pio				Pio	PF	N/P ⁴	Sb5/Av ⁴	
	<i>Mimosa</i> 1		Pio				Pio							PF	N/P ³	Ab ³	
	<i>Mimosa</i> 2				Pii									R	N/P ³	Ab ³	
	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>		PD		Pii		Pio	Pio	Pio		Pii	PA		MF	N/P ³	Ab ³	
	<i>Mimosa misera</i>				Pii		Pio	Pio						F	P ¹	H ¹	
	<i>Mimosa pudica</i>		Pio					Pio				Pio		F	P ¹	H ¹	
	<i>Mimosa quadrivalvis</i>		Pio				Pio	Pio						F	N/P ³	Ab/H ³	
	<i>Mimosa tenuiflora</i>		Pii			Pio						Pio		Pii	F	N/P ³	Av/Ab ³
	<i>Mimosa ulbrichiana</i>						Pii							R	-	Ab ³	
	<i>Peltogyne</i>	Pio							Pio					PF	-	Av ³	
	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>								Pio			Pii	PD	PD	F	N/P ³	Av/Ab ³
	<i>Senna</i> 1		Pii											R	P ⁵	Ar/Sb ⁴	
	<i>Senna</i> 2					Pii						PA	Pio		F	P ⁵	Ar/Sb ⁴
	<i>Senna obtusifolia</i>	Pio			Pii									PF	P ⁵	Ar/Sb ⁴	

Tabela 2: (Continuação)

Família	Tipo polínico	Amostras												FO	RF	HC
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Lytraceae	<i>Cuphea</i>	Pio	Pio									Pio	Pio	F	N ⁴	H ⁴
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	Pii	Pii	Pii	Pio		PA	Pii	Pii	Pii				MF	P/O ¹	Ab ⁵
Malvaceae	<i>Waltheria</i>											Pio	Pio	PF	N/P ⁴	H ⁴
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	PA												R	P ¹	Av/Ab ¹
	<i>Tibouchina</i>		Pio		Pii		Pio	Pii	PD	Pii	Pio			MF	P ¹	Av/Ab/Sb/H ³
Meliaceae	<i>Cedrela</i>				Pio									R	N ⁴	Av ⁴
Moraceae	Moraceae	Pio		Pio										PF	-	-
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> 1		Pii		PA		PA	Pii		Pii		Pii		MF	N/P ¹	Av ¹
	<i>Myrcia</i> 2	Pii												R	N/P ¹	Av ¹
	<i>Myrcia multiflora</i>						Pio							R	P ⁴	Ab ⁴
	<i>Psidium</i> 1								Pio					R	P ¹	Av ¹
	<i>Psidium</i> 2			Pii	PA						Pio	Pii	PA	F	P ¹	Av ¹
	<i>Piper</i>								Pio					R	P ⁵	Ab ⁵
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i>		Pio				Pio				Pio	Pio	F	P ⁴	H ⁵	
Poaceae	Poaceae	Pio	Pio										PF	P ¹	H ¹	
Rubiaceae	<i>Borreria</i> 1									Pii	Pio		PF	N/P ⁴	H ⁴	
	<i>Borreria</i> 2			Pii									R	N/P ⁴	H ⁴	
	<i>Borreria verticillata</i>	Pii							Pio	PA			F	N/P ¹	H ¹	
	<i>Mitracarpus</i>				Pio				Pio				PF	N ¹	Ab ¹	

Tabela 2: (Continuação)

Família	Tipo polínico	Amostras												FO	RF	HC
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Rubiaceae	Rubiaceae 1						Pio	Pio	Pio		Pio	Pio	F	-	-	
	Rubiaceae 2			Pii									R	-	-	
Rutaceae	<i>Citrus</i>		Pio										R	N ¹	Av ¹	
Sapindaceae	<i>Talisia</i>										Pio		R	N/P ⁴	Av ⁴	
Solanaceae	<i>Solanum</i>	Pio			Pio								PF	P ¹	A ¹	
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Pii	Pio	PA	Pii	PA	Pii	PA	Pii	PA	PA	Pio	Pio	MF	N ²	Ab ²
	Verbenaceae	Pio												R	-	-
Indeterminado 1								Pio						R	-	-
Indeterminado 2					Pio									R	-	-
Indeterminado 3					Pio									R	-	-
Indeterminado 4												Pio		R	-	-
Total de tipos		16	22	12	15	5	20	20	14	11	23	9	14	-	-	-

Referências consultadas para recursos florais e hábito: 1 – Matos e Santos, 2015; 2- Maia-Silva et al., 2012, 3 – Flora do Brasil, 2018; 4 – RCPol – Rede de Catálogos Polínicos online, 2018; 5 – Andrade et al., 2012; 6 – Borges e Santos, 2015.

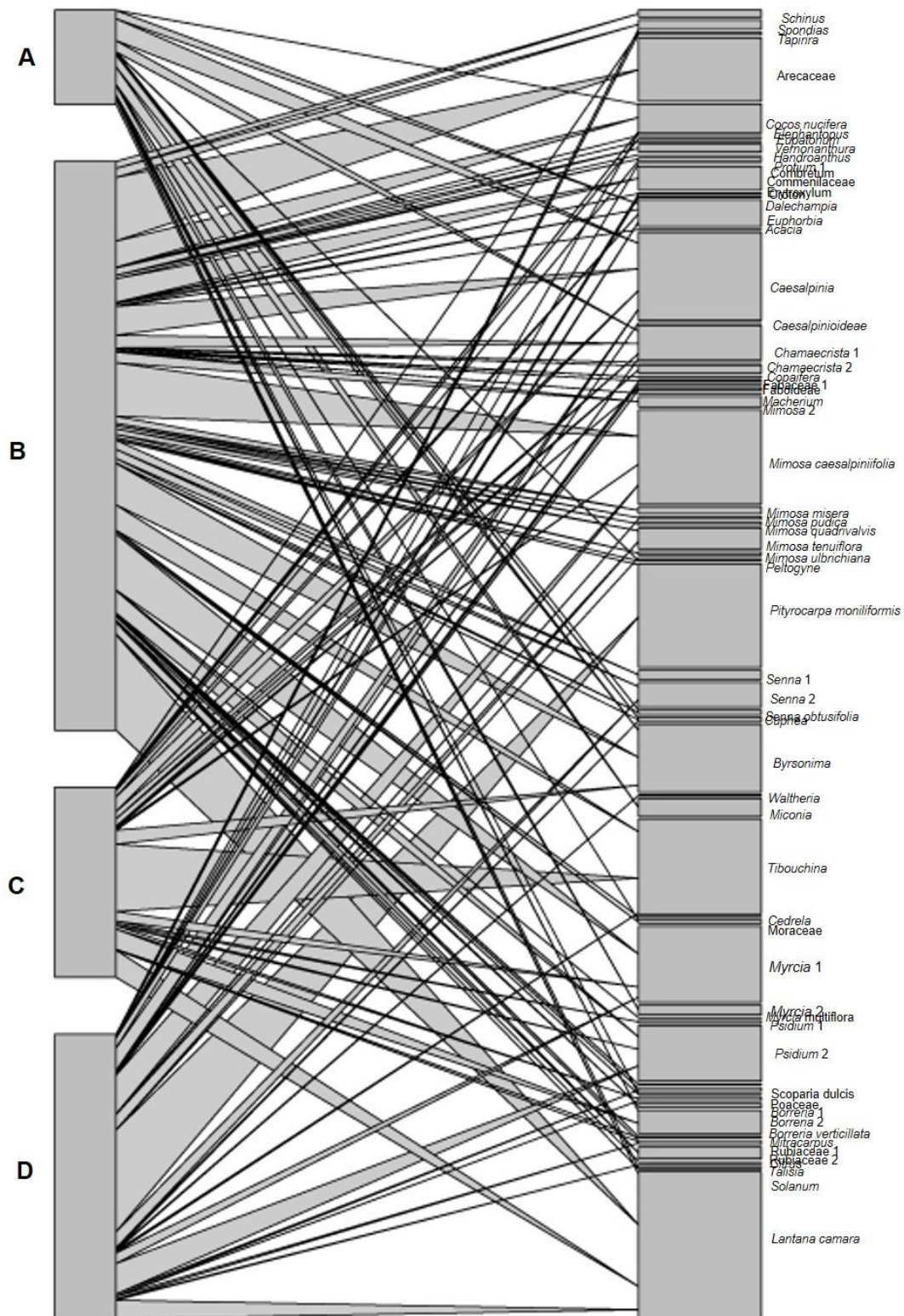


Figura 3: Grafo indicando as interações entre as populações de *Melipona subnitida* (à esquerda) e as plantas fontes de recursos relacionadas aos tipos polínicos identificados no conteúdo polínico amostras de mel provenientes do estado do Piauí (População A: Murici dos Portelas; População B: Delta do Parnaíba; População C: Delta do Parnaíba e População D: Cajueiro da Praia).

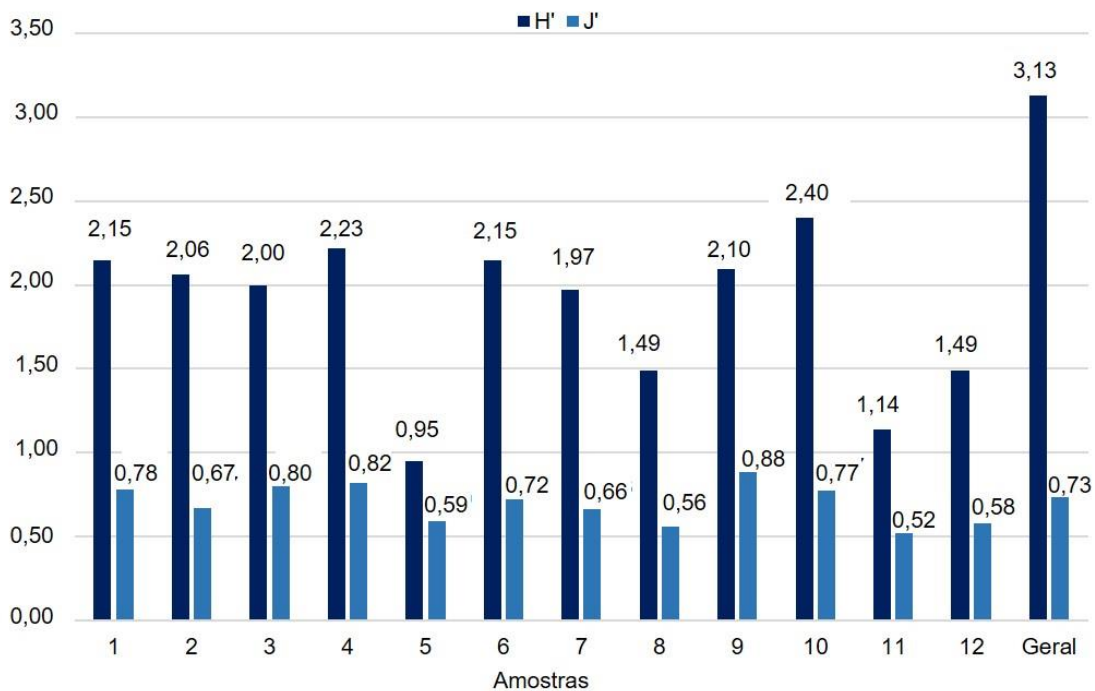


Figura 4: Índices de diversidade (H') e uniformidade (J') dos tipos polínicos identificados nas amostras de mel de *Melipona subnitida*. (Origem das amostras: 1 – População A (Murici dos Portelas); 2 – 7 População B (Delta do Parnaíba); 8 – 9 População C (Delta do Parnaíba); 10 – 12 População D (Cajueiro da Praia).

Um total de 19 tipos polínicos apresentaram frequência superior a 10% em pelo menos uma das amostras. Estes foram utilizados para determinar a similaridade entre as amostras: *Arecaceae*, *Borreria verticillata*, *Byrsonima*, *Caesalpinia*, *Chamaecrista* 1, *Cocos nucifera*, *Erythroxylum*, *Lantana camara*, *Miconia*, *Mimosa* 3, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Mimosa tenuiflora*, *Myrcia* 1, *Myrcia* 2, *Psidium* 2, *Pityrocarpa moniliformis*, *Rubiaceae* 2, *Senna* 3 e *Tibouchina*.

A partir da análise de agrupamento é possível observar a formação de quatro grupos (Figura 5). O coeficiente de correlação cofenético foi de 0,9182, indicando que houve um ajuste adequado entre a matriz de dissimilaridade e o método de agrupamento utilizado. Os grupos 1 e 4 foram formados por uma única amostra (amostra 8 e 5, respectivamente). O grupo 3 foi formado pelas amostras 11 e 12 e o grupo quatro foi formado por oito amostras (amostras 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10) (Figura 5).

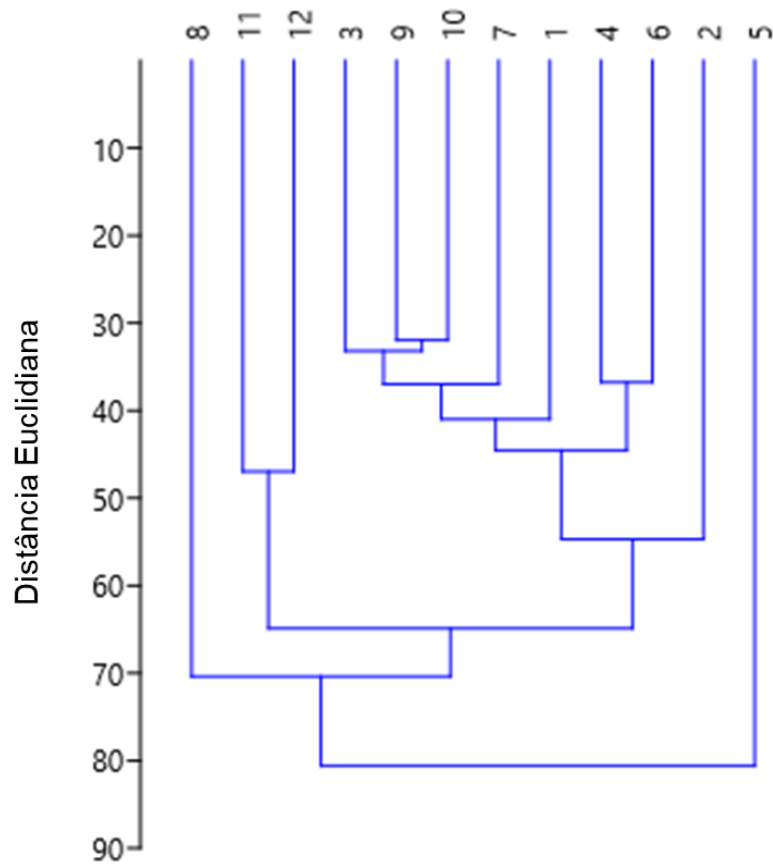


Figura 5: Dendrograma de similaridade baseado na distância euclidiana entre amostras de mel de *Melipona subnitida* provenientes do estado do Piauí. (Origem das amostras: 1 – População A (Murici dos Portelas); 2 – 7 População B (Delta do Parnaíba); 8 – 9 População C (Delta do Parnaíba); 10 – 12 População D (Cajueiro da Praia).

DISCUSSÃO

O conteúdo polínico das amostras de mel de *Melipona subnitida* revelou uma grande diversidade de tipos polínicos, indicando que estas abelhas visitam espécies vegetais para a coleta de recursos tróficos. Outros estudos realizados com análise polínica de potes de mel e pólen de *Melipona subnitida* refletem que essa espécie de abelha visita um elevado número de fontes de recursos tróficos (Pinto et al., 2014; Maia-Silva et al., 2018).

Fabaceae foi a família botânica com maior riqueza de tipos polínicos identificados nas amostras de mel de *M. subnitida*. Em levantamentos botânicos

realizados em áreas da vegetação litorânea do Piauí, Fabaceae foi a família mais representativa. Espécies de Fabaceae nessas áreas foram identificadas nos mais variados ambientes, como caatinga, restinga e ambientes alagadiços de mangue (Andrade et al., 2012; Santos-Filho et al., 2016). No espectro polínico de potes de alimento de *M. subnitida* em área de vegetação de restinga e manguezal no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, a família Fabaceae apresentou a maior riqueza de tipos polínicos (Pinto et al., 2014). Na Caatinga tipos polínicos de Fabaceae são as principais fontes de recursos florais para *M. subnitida* (Silva et al., 2013). Nesse ambiente *M. subnitida* está adaptada as variações de disponibilidade de alimento, com uma tendência a coletar e estocar grande quantidade de recurso trófico em espécies arbóreas de Fabaceae, que florescem de forma massiva, como: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir, *M. caesalpinifolia* Benth., *M. tenuiflora* (Willd.) Poir e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson, (Maia-Silva et al., 2018).

A alta porcentagem de tipos polínicos raros e pouco frequentes no conjunto amostral analisado sugere, que embora ocorra um amplo espectro polínico, um pequeno grupo de tipos polínicos representa maior importância para a dieta e manutenção de *M. subnitida* na área estudada. A seletividade de fontes de recursos já foi observada para outras espécies do gênero *Melipona*, que apresentaram um comportamento de especialização temporal em fontes mais lucrativas (Wilms et al., 1996; Ramalho et al., 2004; 2007; Lucas et al., 2018). A concentração de forrageiras em fontes florais mais lucrativas é uma estratégia para a manutenção das populações de *M. subnitida* na Caatinga. As forrageiras maximizam a coleta de recursos quando disponíveis no ambiente, acumulando grande quantidade de alimento em curtos períodos de abundância e utilizam essas reservas ao longo do período de estiagem (Maia-Silva et al., 2015).

No presente estudo verificou-se que tipos polínicos relacionados a plantas de hábito arbóreo foram mais frequentes (Tabela 2). Esse fato corrobora com outros estudos realizados para *M. subnitida* (Costa et al., 2017; Maia-Silva et al., 2018) e outras espécies de meliponíneos como *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Ramalho et al., 2007; Matos & Santos, 2015), *Melipona seminigra merrillae* Friese, 1903, *Melipona fulva* Lepeletier, 1836, *Trigona fulviventris* Guérin, 1844 e *Cephalotrigona femorata* Smith, 1854 (Oliveira et al., 2009).

O tipo *Caesalpinia* ocorreu na maioria das amostras analisadas (Tabela 2), indicando que plantas relacionadas a esse tipo polínico apresentam fortes interações com as populações estudadas (Figura 3), desta forma, representa uma importante fonte de recursos para as abelhas, principalmente néctar. Este tipo polínico está relacionado a plantas em que o néctar é principal recurso floral. Além do gênero *Caesalpinia*, espécies de interesse apícola representados por este tipo polínico pertencem aos gêneros *Libidibia* (DC.) Schltl. e *Poincianella* Britton & Rose. Espécies como *Libidibia ferrea* (Benth.) L.P. Queiroz, e *Poincianella bracteosa* (Tul.) L.P. Queiroz possuem flores atrativas, que são visitadas por diversas abelhas do gênero *Melipona* (Maia-Silva et al., 2012; Borges & Santos, 2015).

Os tipos *Chamaecrista*, *Byrsonima* e *Tibouchina* foram classificados muito frequente no conjunto amostral e estão relacionados a espécies de planta poliníferas. Apesar de não indicar importância para a composição do mel, esses tipos polínicos indicam espécies vegetais importantes para a manutenção das abelhas. Outros tipos polínicos com característica semelhante, identificados no conteúdo polínico são representantes dos gêneros *Myrcia*, *Psidium* (Myrtaceae), *Senna* (Fabaceae) e *Solanum* (Solanaceae). A ocorrência desses tipos polínicos no mel de meliponíneos é bem comum (Ferreira & Absy, 2017; Rezende et al., 2018) incluindo os méis de *M. subnitida* (Costa et al., 2017). Alguns grupos de plantas restringem a oferta de recursos poliníferos às abelhas que conseguem vibrar as flores para a coleta de pólen, como é o caso de plantas que apresentam anteras porcidas, como por exemplo, algumas espécies de Fabaceae, Melastomataceae e o gênero *Solanum*, ou mesmo plantas com anteras com deiscência longitudinal que são polinizadas por vibração, como algumas espécies de Myrtaceae (Buchmann, 1983; Nunes-Silva et al., 2013). Em amostras de mel de *M. subnitida* oriundas da Caatinga do estado do Rio Grande do Norte os tipos polínicos relacionados a plantas com anteras porcidas foram muito frequentes (Costa et al., 2017). Em períodos de intensa coleta de pólen nessas flores o conteúdo polínico dos potes de mel são uma mistura de tipos polínicos de plantas nectaríferas e poliníferas (Maia-Silva et al., 2018).

O tipo *Lantana camara* (Verbenaceae) ocorreu em todas as amostras estudadas, indicando que espécies relacionadas a esse tipo apresentam importantes interações com as populações de *M. subnitida* estudadas (Figura 3). Foi classificado como pólen acessório em cinco amostras, isolado importante em duas amostras e isolado

ocasional nas demais. É uma espécie citada como de importância para as abelhas, ofertando principalmente néctar para os seus visitantes florais (Maia-Silva et al., 2012).

O tipo polínico *Pityrocarpa moniliformis* (Fabaceae) foi dominante em duas amostras. A partir do grafo de interações (Figura 3) é possível observar que as espécies de planta relacionadas a esse tipo apresentaram fortes interações com a população D, oriunda do município de Cajueiro da Praia. Esse tipo polínico é relacionado a espécies de planta que são importantes fontes de néctar para manutenção das abelhas na Caatinga do estado do Piauí (Borges et al., 2019). Em amostras de mel de *M. subnitida* esse tipo foi classificado como pólen dominante entre os meses de março a julho (estação chuvosa) em áreas de vegetação nativa de Caatinga, no estado do Rio Grande do Norte (Costa et al., 2017). Essa espécie vegetal é de hábito arbóreo-arbustivo e ocorre nos domínios fitogeográficos de Caatinga e Mata Atlântica (Santos et al., 2018). Os recursos ofertados por essas plantas são coletados em grande quantidade e estocados para servirem de alimento nos períodos de escassez de alimento. Além disso, é fundamental para a produção e comercialização do mel de *M. subnitida* (Maia-Silva et al., 2015; 2018).

Uma amostra teve *Mimosa caesalpiniiifolia* (Fabaceae) como tipo polínico dominante. Esse tipo foi uma importante fonte de recursos tróficos para *M. subnitida* em área de restinga do estado do Maranhão (Pinto et al., 2014) e na caatinga do estado da Paraíba (Silva et al., 2013). Na Caatinga o tipo *M. caesalpiniiifolia* está relacionado a importantes espécies de plantas adaptadas as condições ambientais do Semiárido como: *Mimosa acutistipula* Mart., *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir., *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., dentre outras (Lima et al., 2008).

O conteúdo polínico do mel indica que *M. subnitida* possui uma ampla largura de nicho e uma uniformidade moderada (Figura 4). O índice de diversidade (H') foi elevado, quando comparada a outros estudos realizados com amostras de mel de abelhas do gênero *Melipona* como: *M. scutellaris* em área de cultivo de café na Caatinga, onde o índice H' foi de 2,48 (Lucas et al., 2018) e, *M. seminigra merrillae* (variou entre 1,05 a 1,56) e *M. interrupta* (1,19 a 1,32) na Floresta Amazônica brasileira (Ferreira & Absy, 2017). Em área de cerrado, quando comparados a amplitude de nicho de diversas abelhas sociais, com base de dados em observação direta da visita das abelhas nas flores, *Trigona spinipes* apresentou o nicho mais amplo (H'= 2,79) e

Tetragonisca angustula ($H' = 1,91$) a menor amplitude de nicho trófico (Nogueira-Ferreira & Augusto, 2007). A amplitude de nicho apresentada no presente estudo para *M. subnitida* foi similar ao registrado para *Apis mellifera* ($H' = 3,00$) em área de Mata Atlântica (Hilgert-Moreira et al. 2013), *M. flavolineata* ($H' = 3,41$) e *M. fasciculata* ($H' = 3,43$) em área de Floresta Amazônica (Gostinski et al., 2018), com base na análise polínica do pólen da corbícula de operárias dessas abelhas. Esses resultados indicam o potencial da atividade de criação de *M. subnitida* para a área estudada, dada a alta diversidade da flora de interesse para as abelhas sociais sem ferrão.

O valor mínimo de uniformidade foi apresentado pela amostra 11. Este valor pode ser explicado pela alta frequência dos tipos polínicos *Pityrocarpa moniliformis* e *Mimosa caesalpiniiifolia*, nesta amostra, indicando que ocorreu concentração de forrageamento em poucas espécies vegetais. Comportamento semelhante foi observado na amostra 5, que apresentou valor de uniformidade próximo (0,52). O valor máximo de uniformidade ocorreu na amostra 9. Para esta amostra foram identificados 11 tipos polínicos e a uniformidade elevada pode ser explicada pela ausência de tipos polínicos dominantes e a ocorrência de dois tipos polínicos categorizados como acessório e sete como isolado importante, que representaram 97,35% dos grãos de pólen contados na amostra.

A análise de agrupamento permitiu a formação de quatro grupos (Figura 5). O grupo 1 compreende apenas a amostra 8, essa amostra foi a única que apresentou o tipo polínico *Tibouchina* (Melastomataceae) na categoria de pólen dominante. Abelhas do gênero *Melipona* apresentam fortes interações com espécies vegetais relacionadas a tipos polínicos de Melastomataceae (Ferreira & Absy, 2017; Rezende et al., 2018).

O grupo 2 é formado pelas amostras 11 e 12, que são oriundas da mesma população (D), do município de Cajueiro da Praia. Essas amostras apresentam o tipo *P. moniliformis* na categoria de pólen dominante. Um terceiro grupo (Grupo 3) foi formado por oito amostras, oriundas de todas populações amostradas. Nessas amostras foram identificados uma alta quantidade de tipos polínicos e compartilharam os tipos *L. camara*, *M. caesalpiniiifolia* e *Myrcia* 1. A amostra 5, oriunda do Delta do Parnaíba, foi agrupada isoladamente no Grupo 4, essa foi a única amostra onde o tipo polínico Arecaceae foi identificado, ocorrendo como pólen dominante.

CONCLUSÃO

Melipona subnitida coleta recursos em uma alta diversidade de plantas. Apesar de seu comportamento generalista, observa-se que as operárias de *M. subnitida* tendem a coletar uma quantidade maior de recursos em um subconjunto de plantas reduzido, como árvores de floração em massa e arbustos perenes. Nesse sentido, sugere-se que as plantas relacionadas aos tipos polínicos: *Pityrocarpa moniliformis*, *Mimosa caesalpinifolia*, *M. tenuiflora*, *Lantana camara*, *Myrcia*, *Psidium* e *Tibouchina* representam importantes fontes de recursos tróficos para a manutenção das populações de *M. subnitida* e/ou produção de mel na área estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, C.M.L., Santos, G.M.M., Martins, C.F., Presley, S.P. (2013). Trophic niche breadth and niche overlap in a guild of flower-visiting in a Brazilian dry forest. *Apidologie*, 44: 153-162. doi: 10.1007/s13592-012-0167-4.
- Andrade, I.M., Silva, F.S., Mayo, S.J., Silva, A.G., Silva, A.P.M., Braz, G.S., Melo, L.M.B, Nascimento, H.C.E, Reis, R.B., Santos, R.L. (2012). Diversidade de fanerógamas do Delta do Parnaíba, litoral piauiense. In A. Guzzi, (Org.). *Biodiversidade do Delta do Parnaíba: litoral piauiense* (pp. 63-115). Teresina: EDUFPI.
- Barth, O.M. (2004). Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. *Scientia Agricola*, 61: 324-350. doi: 10.1590/S0103-90162004000300018.
- Borges, R.L.B., Jesus, M.C., Camargo, R.C.R., Santos, F. A.R. (2019). Pollen types in honey produced in Caatinga vegetation, Brazil. *Palynology*, 43: p. 1–17. doi: 10.1080/01916122.2019.1617208.

Borges, R.L.B. & Santos, F.A.R. (2015). Tipos polínicos de *Apis mellifera* L. do Semiárido. In F.A.R., Santos & C.E. Carneiro (Orgs.) De Melli Semiaridi: analisando o mel nordestino (pp.45-93). Salvador: EDUFBA.

Buchmann, S.L. (1983). Buzz pollination in Angiosperms. In C.E. JONES & R.J. LITTLE (Eds.). Handbook of experimental pollination biology (pp. 73-113). New York: Van Nostrand & Reinhold.

Carvalho, C.A.L., Alves, R.M.O., Souza, B.A., Vêras, S.O., Alves, E.M., Sodrê, G.S. (2013). Proposta de regulamento técnico de qualidade físico-química do mel floral processado produzido por abelhas do gênero *Melipona*. In P. Vit, P., S.R.M. Pedro, D. ROUBIK (Eds.), Pot-Honey: A legacy of stingless bees (pp. 285-294) New York: Springer.

Castro, A.A.J.F. (2007). Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. Publicações avulsas em conservação de ecossistemas, 18: 1-28.

Costa, C.C.A, Silva, C.I.S., Maia-Silva, C., Limão, A.A.C., Imperatriz-Fonseca, V.L. (2017). Origem botânica do mel da jandaíra em áreas de Caatinga nativa do Rio grande do Norte. In V.L. Imperatriz-Fonseca, D. Koedam, M. Hrncir. (Orgs), A abelha jandaíra: no passado presente e futuro (pp. 161-166). Mossoró: EdUFERSA, 2017.

Cruz, D., Freitas, B.M., Silva, L.A., Silva, E.M.S., Bomfim, I.G.A. (2005). Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40: 1197-1201. doi: 10.1590/S0100-204X2005001200006.

Dormann, C.F., Gruber B., Freund, J. (2008). Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. R news, 8: 8 - 11.

Erdtman, G. (1960). The acetolysis method: a revised description. Svensk Botanisk Tidskrift, 39: 561-564.

Feller-Demalsy, M.J.; Parent, J.; Strachan, A.A. (1987) Microscopic analysis of honey from Alberta, Canada. *Journal of Apicultural Research*, 26: 123-132. doi: 10.1080/00218839.1987.11100748.

Ferreira, M.G. & Absy, M.L. (2017). Pollen analysis of honeys of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Hymenoptera: Apidae) bred in Central Amazon, Brazil, *Grana*, 56: 436-449. doi: 10.1080/00173134.2016.1277259.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10730>>. Acesso em: 01 Abr. 2018

Gostinski, L.F., Oliveira, F.F., Contrera, F.A.L., Albuquerque, P.M.C. (2018). Nicho trófico e partição de fontes polínicas por duas espécies de *Melipona* (Hymenoptera, Apidae) na Amazônia Oriental. *Oecologia Australis*, 22: 449-462. doi: 10.4257/oeco.2018.2204.08.

Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1–9.

Heard, T. A. (1999). The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*, 44: 183-206.

Hilgert-Moreira, S. B., Nascher, C.A., Callegari-Jacques, S. M., Blochtein, B. (2013). Pollen resources and trophic niche breadth of *Apis mellifera* and *Melipona obscurior* (Hymenoptera, Apidae) in a subtropical climate in the Atlantic rain forest of southern Brazil. *Apidologie*, 45: 129-141. doi: 10.1007/s13592-013-0234-5.

Jones, G.D. & Bryant Jr, V.M. (2004). The use of ETOH for the dilution of honey. *Grana*, 43: 174–182. doi: 10.1080/00173130410019497.

Lima, L.C.L., Silva, F.H.M., Santos, F.A.R. (2008). Palinologia de espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae – Mimosoidae) do Semiárido brasileiro. *Acta Botanica Brasilica*, 22: 794-805. doi: 10.1590/S0102-33062008000300016.

Louveaux, J., Maurizio, A., Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, Gerrards Cross, 59: 139-157.

Lucas, C.I.S.; Andrade, W.C.; Ferreira, A.F.; Sodré, G.S.; Carvalho, C.A.L.; Costa, A.P.C.; Aguiar, C.M.L. (2018). Pollen types from colonies of *Melipona scutellaris*, Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) established in a coffee plantation. *Grana*, 57: 235-245. doi: 10.1080/00173134.2017.1330361.

Maia, U.M.; Jaffe, R.; Carvalho, A.T.; Imperatriz-Fonseca, V.L. (2015). Meliponiculture in Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 37: 327-333.

Maia-Silva, C., Hrncir, M., Silva, C.I., Imperatriz-Fonseca, V.L. (2015). Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. *Apidologie*, 46: 631-643. doi: 10.1007/s13592-015-0354-1.

Maia-Silva, C., Limão, A.A.C., Hrncir, M., Pereira, J.S., Imperatriz-Fonseca, V.L. (2018). The contribution of palynological conservation: a case study with *Melipona subnitida*. In P. Vit, R.M. Silveira, D. Roubik, (Eds.). *Pot-pollen in stingless bee melittology* (pp. 89-101). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-61839-5_7.

Maia-Silva, C., Silva, C.I., Hrncir, M., Queiroz, R.T., Imperatriz-Fonseca, V.L. (2012). Guia de plantas visitadas por abelhas. Fortaleza: Editora Fundação Brasil Cidadão, 99 p.

Matos, V.R. & Santos, F.A.R. (2015). Pollen in honey of *Melipona scutellaris* L. (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic rainforest area in Bahia, Brazil. *Palynology*, 40: 144-156. doi: 10.1080/01916122.2015.1115434

Nogueira-Ferreira, F. H., Augusto, S. C. (2007). Amplitude de nicho e similaridade no uso de recursos florais por abelhas eussociais em uma área de Cerrado. *Bioscience Journal*, 23: 45-51.

Novais, J.S. & Absy, M.L. (2015). Melissopalynological records of honey from *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) in the Lower Amazon, Brazil: pollen spectra and concentration. *Journal of Apicultural Research*, 54: 1-19. doi: 10.1080/00218839.2015.1041294.

Nunes-Silva, P., Hrcir, M., Silva, C.I., Roldão, Y.S., Imperatriz-Fonseca, V.L. (2013). Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as eficiente pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. *Apidologie*, 44: 537–546.

Oliveira, F.P.M., Absy, M.L., Miranda, I.S. (2009). Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus - Amazonas. *Acta Amazonica*, 39: 505-518. doi: 10.1590/S0044-59672009000300004

Pedro, S.R.M. (2014). The Stingless Bee Fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 61: 348-354. doi: 10.13102/sociobiology.v61i4.348-354.

Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A. (2007). Undated world map of the Köppen-Geiser climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1633-1644.

Pielou, E.C. (1977). *Mathematical ecology*. New York: John Wiley & Sons. 385p.

Pinto, R.S., Albuquerque, P.M.C., Rêgo, M.M.C. (2014). Pollen Analysis of Food Pots Stored by *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) in a Restinga area. *Sociobiology*, 61: 461-469. doi: 10.13102/sociobiology.v61i4.461-469

R Core Team. (2018) R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

Ramalho, M. (2004). Stigless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasileira*, 18: 34-47.

Ramalho, M., Silva, M.D.E., Carvalho, C.L. (2007). Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio tropical atlântico. *Neotropical Entomology*, 36: 38-45.

RCPol - Rede de catálogos polínicos online. Disponível em: <<http://chaves.rcpol.org.br/>>. Acessado em: 01 de Abril de 2018.

Rego, M.M.C.; Albuquerque, P.M.C.; Pinto, R.S.; Barbosa, M.M.; Silva, A.G. A abelha jandaíra no estado do Maranhão (2017). *In*: V.L. Imperatriz-Fonseca, D. Koédam, M. Hrnair (Eds.). A abelha jandaíra no passado, no presente e no futuro (p. 79-85). Mossoró: EdUFERSA.

Rezende, A.C.C., Absy, M.L., Ferreira, M.G., Marinho, H.A., Santos, O.A. (2018). Pollen of honey from *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919, *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona* sp. Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) reared in Sataré Mawé indigenous communities, Amazon, Brazil. *Palynology*, 43: 1-13. doi: 10.1080/01916122.2018.1458664

Roubik, D.W., Moreno, P.J.E. (1991). Pollen and spores of Barro Colorado Island. St. Louis: Missouri Botanical Garden.

Santos, F.A.R., Kiill, L.H.P., Carneiro-Torres, D.S., Lima, L.C.L., Silva, T.M.S., Novais, J.S., Dórea, M.C., Carneiro, C.M., Correia, M. C. N. (2018). Grupos de Uso e as Espécies Prioritárias - Espécies melíferas. *In*: L. Coradin, J. Camillo, F.G.C. Pareyn. (Org.). Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro: Região Nordeste (p. 969-1010). Brasília: MMA.

Santos-Filho, F.S.; Mesquita, T.K.S., Almeida-Júnior, E.B., Zickel, C.S. (2016). A flora do Cajueiro da Praia: uma área de tabuleiros do litoral do Piauí, Brasil. *Revista Equador*, 5: 21-35.

Shannon, C.E. & Weaver, J.E. (1949). *The mathematical theory of communication*. Champaign, IL: University of Illinois Presse.

Silva, E.M.S., Freitas, B.M., Silva, L.A., Cruz, D.O., Bomfim, I.G.A. (2005). Biologia floral do pimentão (*Capsicum annuum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida*) Ducke como polinizador em cultivo protegido. *Revista Ciência Agronômica*, 36: 386-390.

Silva, T.M.S., Santos, F.P, Evangelista-Rodrigues, A., Silva, E.M.S, Silva, G.S. Novais, J.S, Santos, F.A.R; Camara, C.A. (2013). Phenolic compounds, melissopalynological, physico-chemical analysis and antioxidant activity of jandaira (*Melipna subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20:10-18. doi: 10.1016/j.jfca.2012.08.010.

Slaa, E.J., Sanchez-Chavez, L.A., Malagodi-Braga, K.S., Hofstede, F.E. (2006). Stigless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, 37: 293-315.

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

ARTIGO 2

**Tipos polínicos no mel de *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854
(Hymenoptera: Apidae) provenientes do estado do Piauí¹**

¹ Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Grana.

**Tipos polínicos no mel de *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854
(Hymenoptera: Apidae) provenientes do estado do Piauí**

Resumo:

Melipona fasciculata é uma importante espécie de abelha sem ferrão criada racionalmente no Nordeste brasileiro e constitui uma importante fonte de renda para a agricultura familiar da região. O principal objetivo desse trabalho foi identificar os tipos polínicos presentes no mel de *Melipona fasciculata* no estado do Piauí e determinar a amplitude do nicho trófico. Dezenove amostras de mel de *M. fasciculata* foram obtidas em seis meliponários nos municípios de Murici dos Portelas e Guadalupe, estado do Piauí. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório do Núcleo de Estudo dos Insetos e foram tratadas quimicamente pelo método de acetólise e montadas lâminas com gelatina glicerinada. A contagem de até 1000 grãos de pólen por amostra foi realizada para determinar a frequência dos tipos polínicos. A determinação da afinidade botânica dos tipos polínicos foi realizada por comparação com a literatura específica. Nas amostras de mel *M. fasciculata* foram identificados 77 tipos polínicos. *Mimosa caesalpinifolia*, *Tibouchina*, *Myrcia* e *Psidium* se destacaram como tipos polínicos dominantes. O tipo *Croton* 1 foi mais frequente no conjunto amostral, identificado em 89% das amostras. Tipos polínicos relacionados a espécies de hábito herbáceo foram os mais frequentes. A diversidade (H') de tipos polínicos no mel de *M. fasciculata* foi 3,00 com variação do valor de H' de 1,76 a 2,53. *Melipona fasciculata* apresenta uma dieta ampla e diversificada nas áreas amostradas no estado do Piauí, com grande contribuição das famílias Fabaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae.

Palavras-chave: Análise polínica, recursos florais, abelhas sem ferrão

**Pollen types in honey of *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854
(Hymenoptera: Apidae) honey from the state of Piauí**

Abstract:

Melipona fasciculata is an important species of stingless bee rationally raised in northeastern Brazil and a crucial income source for family farming in the region. This study aimed to identify the pollen types in *Melipona fasciculata* honey in Piauí State, Brazil, and determine the amplitude of the trophic niche. We obtained 19 samples of *M. fasciculata* honey from six meliponaries in the municipalities of Murici dos Portelas and Guadalupe, Piauí State. The samples were sent to the Laboratório do Núcleo de Estudo dos Insetos and were treated chemically by the acetolysis method and mounted with glycerin gelatin. We counted 1,000 pollen grains per sample to determine the frequency of each type of pollen. To determine the botanical affinity of pollen types, we compared pollen types with reports in the specific literature. In the honey samples *M. fasciculata*, we identified 77 pollen types. *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Tibouchina*, *Myrcia* 1 and *Psidium* stood out as dominant pollen type. The Croton 1 type was more frequent in the sample set, identified in 89% of samples. The pollen types related to species of herbaceous habit were the most frequent. The diversity (H') of pollen types in honey of *M. fasciculata* was 3.00 with variation of H' value from 1.76 to 2.53. *Melipona fasciculata* presents a wide and diversified diet in the areas sampled in the state of Piauí, with great contribution of the families Fabaceae, Euphorbiaceae and Myrtaceae.

Key-words: Pollen analysis, floral resources, stingless bees

INTRODUÇÃO

A criação de abelhas sociais sem ferrão (meliponicultura) no Brasil tem crescido de forma expressiva, com a ampliação de possibilidade de exploração dos produtos dessas abelhas, sendo o mel o principal produto comercializado dos meliponíneos (CARVALHO et al., 2013; JAFFÉ et al., 2015). *Melipona fasciculata* Smith, 1854, conhecida popularmente como tiúba, ocorre naturalmente nos estados do Maranhão, Mato Grosso, Pará, Piauí e Tocantins (PEDRO, 2014). Esta é considerada uma relevante espécie utilizada na meliponicultura local, constituindo uma importante fonte de renda para a agricultura familiar da região (VENTURIERI et al., 2003). Adicionalmente, tem sido relatada como um importante agente polinizador de culturas agrícolas da família Solanaceae (NUNES-SILVA et al., 2013).

A composição do mel de abelhas sem ferrão é bastante variável e depende da espécie de abelha, origem floral, dentre outros fatores. Para o reconhecimento da origem floral de mel, a análise polínica é uma das técnicas mais amplamente difundida e utilizada. A morfologia dos grãos de pólen presentes nos produtos da colmeia é utilizada para identificar a sua origem botânica, indicando quais as plantas que mais contribuíram para a composição desse produto (BARTH, 2004; MARTINS et al., 2011).

Estudos melissopalínológicos dos produtos da colmeia de *M. fasciculata*, para a determinação das principais plantas fornecedoras de recursos, estão concentrados principalmente no estado do Maranhão, com a utilização do pólen coletado pelas operárias e o pólen armazenado (KEER et al., 1986; CARVALHO et al., 2016), o mel (MARTINS et al., 2011) e o geoprópolis (BARROS et al., 2013; RIBEIRO et al., 2016, 2018), porém, até o momento não existem estudos sobre os produtos da colmeia *M. fasciculata* para o estado do Piauí.

Devido à grande diversidade da flora brasileira as pesquisas melissopalínológicas ainda são insuficientes, carecendo de um aprofundamento em cada uma das regiões (BARTH et al., 2013). Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi identificar os tipos polínicos presentes no mel de *Melipona fasciculata* no estado do Piauí, indicando espécies vegetais importantes para a manutenção de populações desta espécie de abelha e determinar a amplitude do nicho trófico.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

As amostras foram provenientes de dois municípios do estado do Piauí: Murici dos Portelas e Guadalupe. O município de Murici dos Portelas (Tabela 1) está localizado na mesorregião socioeconômica Norte e tem vegetação típica de cerrado. O município de Guadalupe, localizado na mesorregião Sudoeste do Piauí, possui vegetação de cerradão e pequenas manchas de campo cerrado (CASTRO, 2007). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical quente e úmido (Aw'), com alto índice de pluviosidade durante os meses de janeiro a junho devido a influência da massa Equatorial Atlântica (PEEL et al., 2007).

Amostragem

Dezenove amostras de mel de *Melipona fasciculata* (T1 a T19) foram coletadas em seis meliponários no município de Murici dos Portelas e um meliponário no município de Guadalupe, Piauí, entre julho de 2015 e março de 2016 (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1. Informações sobre a coleta de amostras de méis de *Melipona fasciculata* no estado do Piauí: Julho/2015 - março/2016.

Meliponário	Município	Amostras (Cód.)	Coordenadas geográficas
A	Murici dos Portelas	1, 2, 3, 4, 5, 19	3°21'327" S, 41°59'749" W
B	Murici dos Portelas	6	3°18'784" S, 42°00'377" W
C	Guadalupe	7	7°36'309" S, 44°35'048" W
D	Murici dos Portelas	8, 9, 10	03°19'838" S, 42°00'168" W
E	Murici dos Portelas	11, 12, 13, 14	03°21'173" S 42°01'319"W
F	Murici dos Portelas	15, 16, 17, 18	03°03'902" S 41°22'707" W

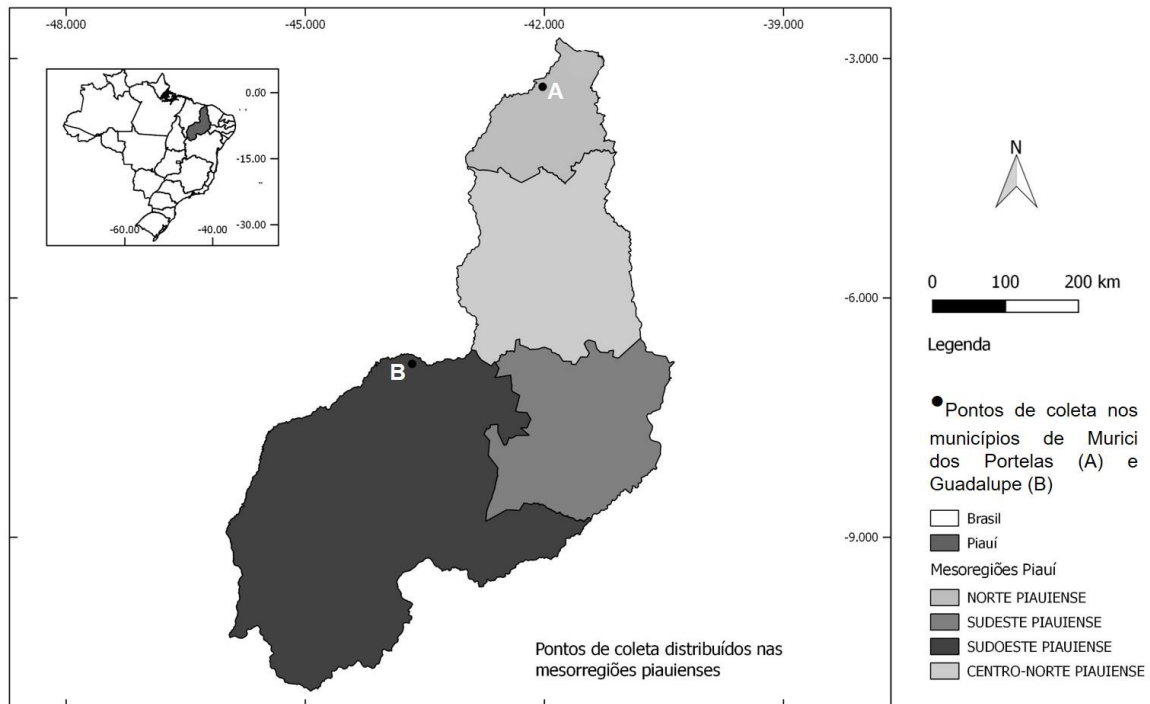


Figura 1: Pontos de coleta de amostras de mel de *Melipona fasciculata* provenientes do estado do Piauí.

Procedimentos Palinológicos

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório do Núcleo de Pesquisa dos Insetos (Grupo de Pesquisa Insecta) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e preparadas de acordo com Louveaux et al. (1978), seguindo as modificações propostas por Jones e Bryant Jr. (2004). De cada amostra foram retirados 10 g de mel, diluídos em 10 mL de água destilada morna (40°C) e homogeneizadas. Acrescentou-se 50 mL de álcool etílico, a mistura foi centrifugada e o líquido sobrenadante descartado. Após a centrifugação o sedimento polínico foi desidratado em ácido acético glacial por até 24 horas e posteriormente submetido ao processo de acetólise de Erdtman (1960). Com o sedimento resultante foram montadas lâminas com gelatina glicerinada.

Os grãos de pólen foram fotomicrografados e os morfologicamente similares foram agrupados em um mesmo tipo polínico (DE KLERK e JOOSTEN, 2007). A afinidade botânica, quando possível, foi determinada por meio da consulta à lista de espécies de plantas para a região (ANDRADE et al., 2012; SANTOS FILHO et al.,

2016; SOUSA et al., 2015). Posteriormente os tipos polínicos foram comparados com o laminário de referência da UFRB, assim como, com figuras e descrições contidas em literatura especializada (ROUBIK e MORENO, 1991; LIMA et al. 2008; BURIL et al., 2010; BORGES e SANTOS, 2015).

Foi realizada a contagem consecutiva de até 1.000 grãos de pólen/amostra determinando-se as frequências e classes de ocorrência que, segundo Louveaux et al. (1978) correspondem a: pólen dominante (>45% do total de grãos na amostra) (PD), pólen acessório (16 a 45%) (PA), pólen isolado importante (3 a 15%) (Pli) e pólen isolado ocasional (<3%) (Plo). A frequência de ocorrência (FO) foi baseada na frequência de ocorrência de cada tipo polínico no conjunto amostral e foi classificada como raro (<10%), pouco frequente (10 a 20%), frequente (21 a 50%) e muito frequente (> 50%) (FELLER-DEMALSY et al., 1987).

Análise dos dados

A amplitude de nicho trófico foi avaliada pelos índices de diversidade (H') (SHANNON e WEAVER, 1949) e uniformidade (J') (PIELOU, 1977). Os dados de frequência foram utilizados para realizar a análise de agrupamento considerando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade entre as amostras. Para geração do dendograma, foi escolhido método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). A validação dos agrupamentos foi determinada por meio do coeficiente de correlação cofenético (SOKAL e ROHLF, 1962). O critério para definição do número de grupos foi baseado no pacote "NbClust" do programa R (CHARRAD et al., 2014). As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico R (R Core Team, 2018), Genes (CRUZ, 2014) e do programa STATISTICA (STATSOFT INC., 2005). Para a análise de agrupamento foram usados apenas os tipos polínicos que apresentaram frequência superior a 10% em pelo menos uma das amostras, conforme Jesus et al. (2014).

RESULTADOS

Um total de 77 tipos polínicos, relacionados com espécies de plantas pertencentes a 22 famílias e 39 gêneros, foi identificado no espectro polínico das amostras de mel de *M. fasciculata*. Destes, 16 tipos (20,5%) não tiveram a afinidade botânica determinada. O máximo de 20 (amostra 7) e mínimo de 8 (amostra 8) tipos polínicos foram identificados por amostra, com média de 14,4 ($\pm 1,8$) tipos polínicos/amostra (Tabela 2).

Fabaceae foi a família botânica com maior diversidade de tipos polínicos (27), seguida de Euphorbiaceae (cinco tipos), Myrtaceae (quatro), Anacardiaceae e Sapindaceae (três tipos cada), enquanto que as demais famílias foram representadas por um ou dois tipos polínicos. Dentre os tipos polínicos de Fabaceae destacam-se os pertencentes aos gêneros *Chamaecrista*, *Mimosa* e *Senna*, representados por quatro tipos polínicos cada.

Os tipos polínicos categorizados como pólen dominante foram: *Mimosa caesalpiniiifolia* (9 – 61,89%), *Tibouchina* (5 – 54,20%), *Myrcia* (2 – 51,40% e 11 – 51,10%) e *Psidium* 1 (15 – 62,30%). Os tipos polínicos classificados como pólen acessório em um maior número de amostras foram: *Protium* (sete amostras), *Psidium* (seis amostras), *M. caesalpiniiifolia* (cinco amostras), *Pityrocarpa moniliformis* (três amostras) e *Myrcia* 1 (duas amostras).

O tipo *Croton* 1 apresentou a com maior frequência de ocorrência no conjunto amostral, presente em 89,47% das amostras, seguido dos tipos *Protium* (78,95%), *M. caesalpiniiifolia* (78,95%), *P. moniliformis* (63,16%), *Piptadenia stipulacea* (57,89%) *Tapirira* (47,37%), *Tibouchina* (47,37%), *Myrcia* (47,37%), *Psidium* 1 (47,37%), *Chamaecrista* 2 (42,11%), *Borreria verticillata* (42,11%) e *Lantana camara* (42,11%) (Figura 2; Figura 3).

Em relação aos recursos oferecidos pelas plantas relacionadas aos tipos polínicos, foi observado que 39,62% dos tipos se relacionam com plantas poliníferas, 24,53% nectaríferas e 35,85% nectaríferas/poliníferas. Dos tipos essencialmente poliníferos destaca-se *Psidium* 1, *Miconia* e *Senna obtusifolia*, que foram frequentes no conjunto amostral e categorizados como tipo dominante ou acessório em pelo menos uma das amostras. Os tipos *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Pityrocarpa moniliformis*,

Piptadenia stipulacea, *Protium*, *Cupania* e *Lantana camara* destacam-se como relacionados com plantas fornecedoras de néctar.

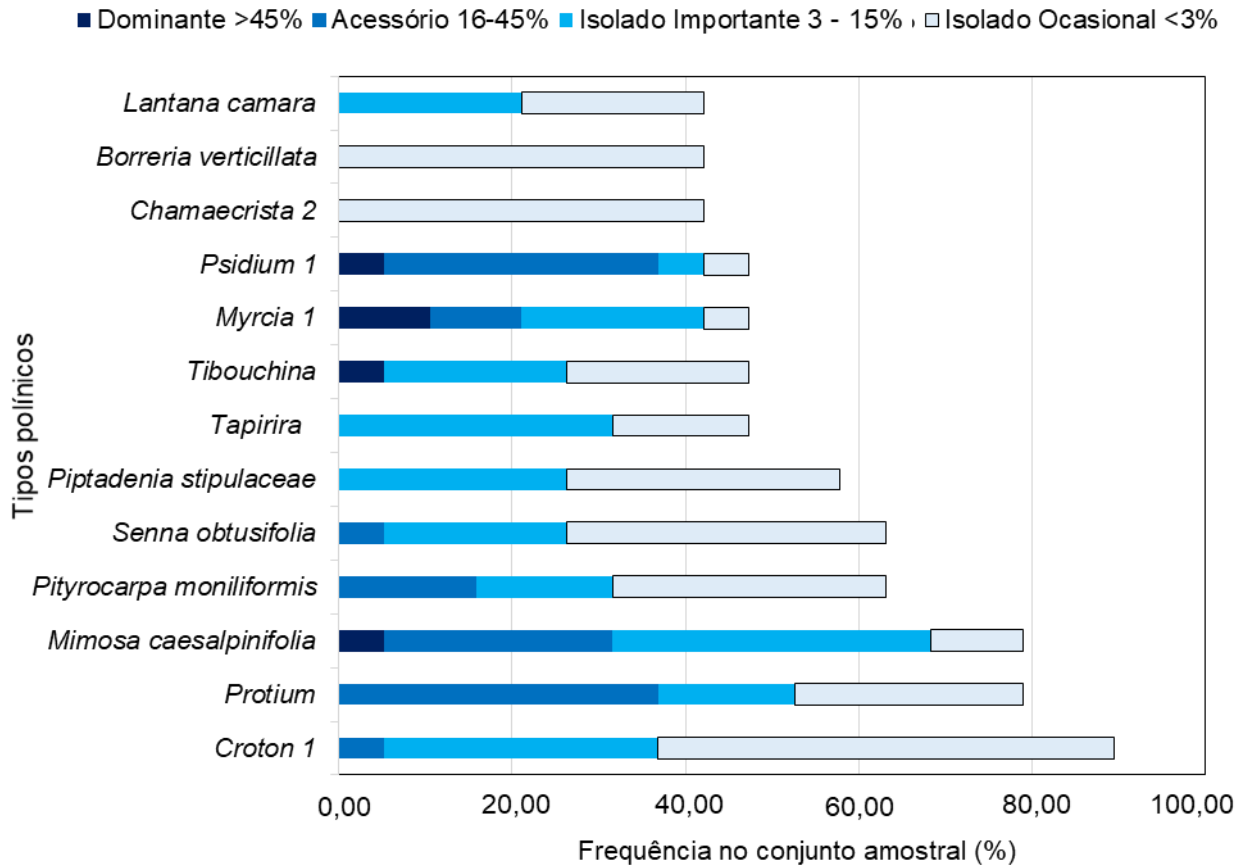


Figura 2: Tipos polínicos categorizados como muito frequente e frequente, e suas respectivas classes de frequência (Louveau et al. (1978)) em amostras de mel de *Melipona fasciculata* provenientes do Piauí, Brasil.

Tabela 2: Tipos polínicos presentes em amostras (1 a 19) de mel de *Melipona fasciculata* provenientes do estado do Piauí, Brasil. Classe de Frequência: PD = pólen dominante (>45% do total de grãos na amostra); PA = pólen acessório (16 a 45%); Pii = pólen isolado importante (3 a 15%); Pio= pólen isolado ocasional (<3%). FO (Frequência de ocorrência): muito frequente (MF); frequente (F); pouco frequente (PF); raro (R); RF (Recursos florais): néctar (N), pólen (P). HC (Hábito de Crescimento) : árvore (Av); arbusto (Ab); subarbusto (Sb); herbácea (H) e trepadeira (T).

Família	Tipo polínico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	FO	RF	HC	
Anacardiaceae	<i>Schinus</i>		Pii			Pio															PF	N/P ¹	Av ¹	
	<i>Spondias</i>								Pio													R	N ¹	Av ¹
	<i>Tapirira</i>	Pii		Pio					Pii			Pii	Pii	Pio	Pii		Pii	Pio				F	N ¹	Av ¹
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>											Pio				Pio	Pio		Pio			F	P	Av
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i>									Pii		Pio										PF	N/P ⁴	Av ⁵
Burseraceae	<i>Protium</i>		Pio	Pio			Pio		Pii	PA	PA	PA	PA	PA	Pio	Pii	Pii	PA	PA	Pio		MF	N ¹	Av ¹
Combretaceae	<i>Combretum</i>																		Pio			R	N/P ⁴	Ab ⁴
Commenilaceae	<i>Commelina</i>																Pio		Pio			PF	N ¹	H ¹
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>		Pio			Pio							Pio									PF	N/P ⁴	Ab ⁴
Euphorbiaceae	<i>Croton 1</i>	Pio	Pio	Pio	Pio	Pio	Pio		Pio	Pii	PA	Pii	Pii	Pii	Pio	Pii	Pii		Pio	Pio		MF	N/P ⁴	Av/Ab/Sb/H ³
	<i>Croton 2</i>											Pii						Pio	Pii	Pio		F	N/P ⁴	Av/Ab/Sb/H ³
	<i>Euphorbia 1</i>					Pio			Pii	Pio												PF	N ⁴	H ⁴
	<i>Euphorbia 2</i>																		Pio			R	N ⁴	H ⁴
	<i>Euphorbia 3</i>													Pio								R	N ⁴	H ⁴
Fabaceae	<i>Acacia</i>	Pio		Pio	Pio			Pii		Pio										Pio		F	N/P ⁶	Av ⁶
	Caesalpinioideae 1							Pii														R	-	-
	Caesalpinioideae 2															Pio						R	-	-
	<i>Cassia</i>								PA						Pio							PF	P ⁴	Ab ⁴
	<i>Chamaecrista 1</i>																		Pio	Pio		PF	P ⁴	H/Ab ⁴
	<i>Chamaecrista 2</i>		Pio	Pio	Pio	Pio			Pii				Pio		Pio					Pii		F	P ⁴	H/Ab ⁴
	<i>Chamaecrista calycioides</i>		Pio	Pio																		PF	P ⁴	H ⁴
	<i>Chamaecrista hispidula</i>												Pii									R	P ⁴	H ⁴
	<i>Copaifera</i>								Pio													R	N/P ⁴	Av ⁵

Tabela 2: (Continuação)

Família	Tipo polínico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	FO	RF	HC
Fabaceae	<i>Dalbergia</i>						Pii										Pio				PF	N/P ⁴	Av/Ab ⁴
	<i>Entada polystachya</i>					Pio					Pio										PF	-	Tr ³
	Fabaceae 1						Pii														R	-	-
	Fabaceae 2										Pio										R	-	-
	Fabaceae 3																Pio				R	-	-
	<i>Leucaena</i>													Pio							R	N/P ⁴	Av ⁴
	<i>Machaerium</i>							Pii													R	N/P ⁴	Sb5/Av ⁴
	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Pii	PA	PA	PA	PA	Pii		PA	Pii	Pii		Pii		Pii		Pii	Pio	Pio	PD	MF	N/P ³	Ab ³
	<i>Mimosa pudica</i>	Pii	Pii	Pii	Pii		Pio													Pio	F	P ¹	H ¹
	<i>Mimosa quadrivalvis</i>						Pio														R	N/P ³	Ab/H ³
	<i>Mimosa tenuiflora</i>							Pio						Pii			Pio	Pio			PF	P ¹	AV ¹
	<i>Piptadenia stipulacea</i>	Pio	Pio	Pii	Pii		Pio		Pio			Pii		Pio		Pii	Pio		Pii		MF	N/P ¹	AV ¹
	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>		Pio		PA	Pio	Pio		PA	PA	Pio	Pii	Pii		Pio		Pio			Pii	MF	N/P ³	Av/Ab ³
	<i>Senna 1</i>											Pio			Pio	Pio		PA		Pii	F	P ⁵	Ar/Sb ⁴
	<i>Senna 2</i>	Pio																			R	P ⁵	Ar/Sb ⁴
	<i>Senna obtusifolia</i>	Pii	Pio	Pii	Pii	Pio	PA	Pii	Pio	Pio			Pio	Pio					Pio		MF	P ⁵	Ar ⁴
	<i>Senna rugosa</i>							Pii													R	P ⁵	Ar ⁴
Lytracae	<i>Cuphea</i>										Pii			Pii			Pii	Pio		Pio	F	N ⁴	H ⁴
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>							Pio						Pio	Pio			Pii	Pio	Pii	PF	P ⁴	Ab ⁵
Melastomataceae	<i>Miconia</i>		Pio																0.36		F	P ¹	Av/Ab ¹
	<i>Tibouchina</i>			Pio	Pii	PD	Pii	Pii		Pio					Pio				Pio	Pii	F	-	Av/Ab/Sb/H ³
Myrtaceae	<i>Myrcia</i>		PD	PA	Pii	Pio					Pii	PD					Pii	PA		Pii	F	N/P ¹	Av ¹
	<i>Myrcia multiflora</i>										Pii								PA		PF	P ⁴	Ab ⁴
	<i>Psidium 1</i>						PA	Pio			Pii		PA	PA	PA	PD	PA		PA		F	P ¹	Av ¹
	<i>Psidium 2</i>	PA							PA	PA											PF	P ¹	Av ¹
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i>				Pio			Pio													PF	P ⁴	H ⁵

Tabela 2: (Continuação)

Família	Tipo polínico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	FO	RF	HC		
Poaceae	Poaceae																Pio				R	P ¹	H ¹		
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	Pio	Pio																		PF	N ¹	H/Tr ⁴		
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>			Pio			Pio			Pio					Pio	Pio	Pio		Pio	Pio	F	N/P ¹	H ¹		
	Rubiaceae	Pio																			Pio	PF			
Rutaceae	<i>Citrus</i>	Pio		Pio																		PF	N ¹	Av ¹	
Sapindaceae	<i>Cupania</i>			Pii		Pii	Pio					Pii	Pio		PA							F	N ¹	Av/Ab ¹	
	<i>Serjania</i>										Pio							Pio				PF	N ¹	Tr/L ¹	
	<i>Talisia esculenta</i>							Pii														R	N/P ⁴	Av ⁴	
Smilacaceae	<i>Smilax</i>							Pio														R	-	Sub/Tr ⁴	
Solanaceae	<i>Solanum</i> 1		Pio				Pii				Pio	Pio										Pio	F	P ¹	A ¹
	<i>Solanum</i> 2															Pii						R	P ¹	A ¹	
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Pii	Pii	Pio		Pio	Pii				Pii		Pio									Pio	F	N ²	Ab ²
																					Total				
Número de tipos indeterminados		2	1	2	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	1	2	16				
Total de tipos		15	17	18	12	12	19	20	8	12	16	10	11	12	15	9	19	15	16	18	77				
Índice H'		1,89	1,73	1,79	1,68	1,16	2,21	2,53	1,65	1,92	2,16	1,49	1,71	1,55	1,60	1,22	2,19	1,63	1,82	1,46	3,00				
Índice J'		0,70	0,61	0,62	0,68	0,46	0,75	0,84	0,80	0,77	0,78	0,65	0,71	0,62	0,59	0,55	0,74	0,60	0,66	0,50	0,69				

Referencias consultadas para recursos florais e hábito: 1 – Matos e Santos, 2015; 2- Maia-Silva et al., 2012, 3 – Flora do Brasil, 2018; 4 – RCPol – Rede de Catálogos Polínicos online, 2018; 5 – Andrade et al., 2012; 6 – Borges e Santos, 2015.

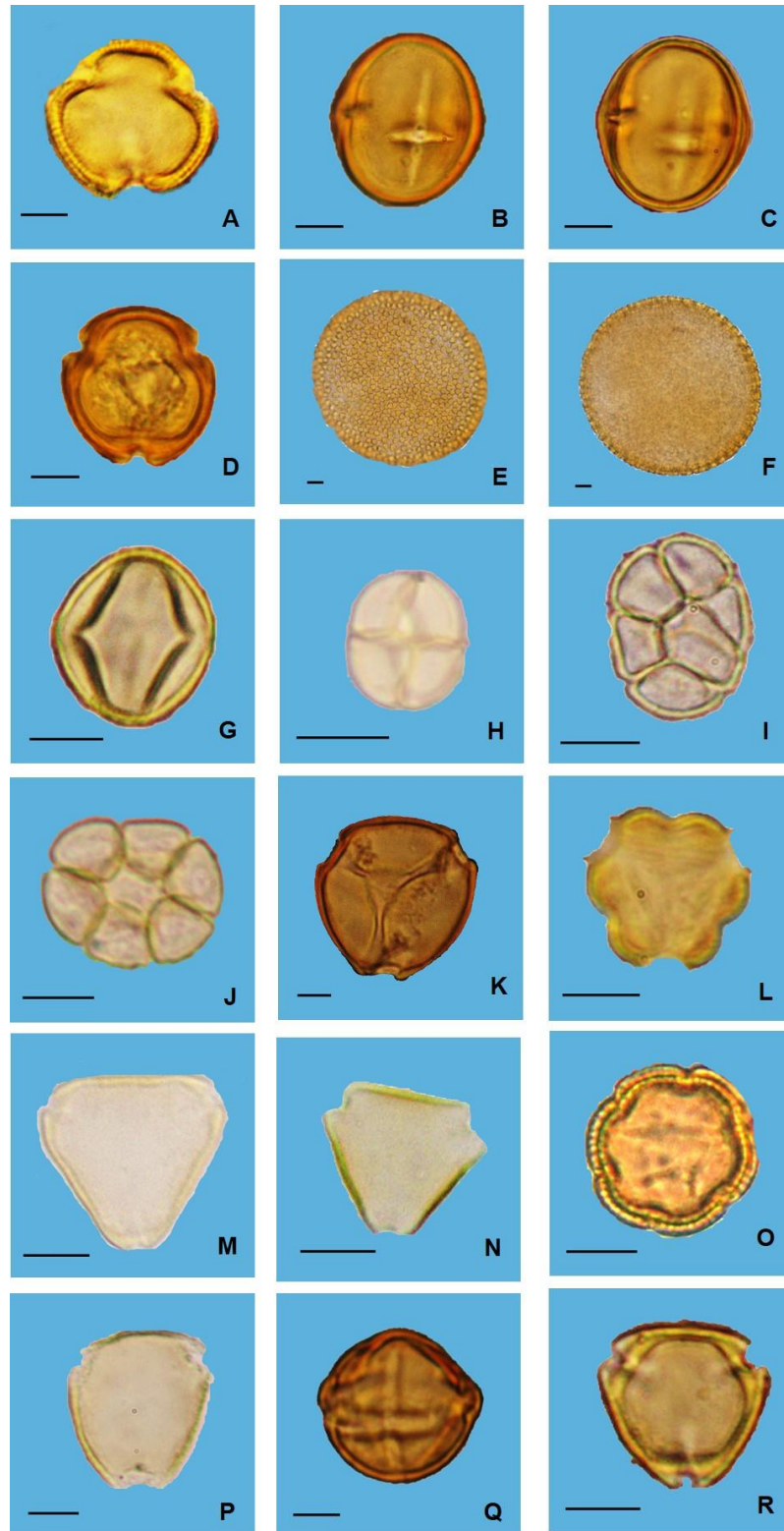


Figura 3. Fotomicrográfrica dos tipos polínicos categorizados como muito frequente no mel de *Melipona fasciculata* provenientes do Piauí, Brasil. **Anacardiaceae:** A. *Tapirira* - A; **Burseraceae:** B - D. *Protium*; **Euphorbiaceae:** E - F. *Croton* 1; **Fabaceae:** G. *Chamaecrista* 2; H. *Mimosa caesalpinifolia*; I. *Piptadenia stipulacea*; J. *Pityrocarpa moniliformis*; K. *Senna obtusifolia*; **Melastomataceae:** L. *Tibouchina*; **Myrtaceae:** M. *Myrcia*; N. *Psidium*; **Rubiaceae:** O. *Borreria verticillata*; **Sapindaceae:** P. *Cupania*; **Verbenaceae:** Q -R. *Lantana camara*. Escala: 10 µm.

De acordo com o hábito de crescimento das plantas relacionadas aos tipos polínicos identificados, o estrato vegetacional herbáceo (H – 32,65%) foi o mais visitado por *M. fasciculata* para a coleta de recursos na área estudada, seguido pelos estratos arbóreo (Av – 30,61%), Arbustivo (Ab – 28,57%), Subarbustivo (Sb – 4,08%) e Trepadeiras (Tr – 4,08%).

A diversidade (H') de tipos polínicos no mel de *M. fasciculata* foi 3,00 com variando de 1,16 a 2,53 nas amostras estudadas. Para o índice de uniformidade (J') a variação foi valor de 0,46 a 0,84 e mínimo de 0,46 e índice J' geral de 0,69. A amostra T5 apresentou a menor diversidade ($H'= 1,16$) e menor uniformidade ($J'= 0,46$) (Tabela 2) e amostra T7 a maior diversidade ($H'= 2,53$ e uniformidade ($J'= 0,84$).

A partir do dendograma de dissimilaridade baseado no índice de distância euclidiana foi possível observar a formação de quatro grupos distintos (Figura 4). O índice de correlação cofenético, calculado para verificar o ajuste do agrupamento foi de 0,84. O primeiro grupo (G1) é formado por três amostras (1, 8 e 9), essas amostras são oriundas de dois meliponários distintos do município de Murici dos Portelas, o tipo *Psidium 2* ocorreu em todas as amostras do G1 categorizado como pólen acessório. O segundo grupo (G2) foi composto por um maior número de amostras (6, 7, 10, 12, 13, 16, 18, 14, 15), essas amostras são oriundas de todos os meliponários amostrados, o tipo *Protium* destacou-se entre as amostras desse grupo, ocorrendo em parte delas como pólen acessório. O terceiro grupo (G3) é formado por amostras que apresentaram frequências altas do tipo polínico *Myrcia* (2, 3, 11, 17). As amostras 4, 5 e 19 compartilharam cinco tipos polínicos com destaque para os tipos *Tibouchina* e *Mimosa caesalpinifolia* que ocorreram em frequências maiores que os demais, e compõem o grupo 4 (G4).

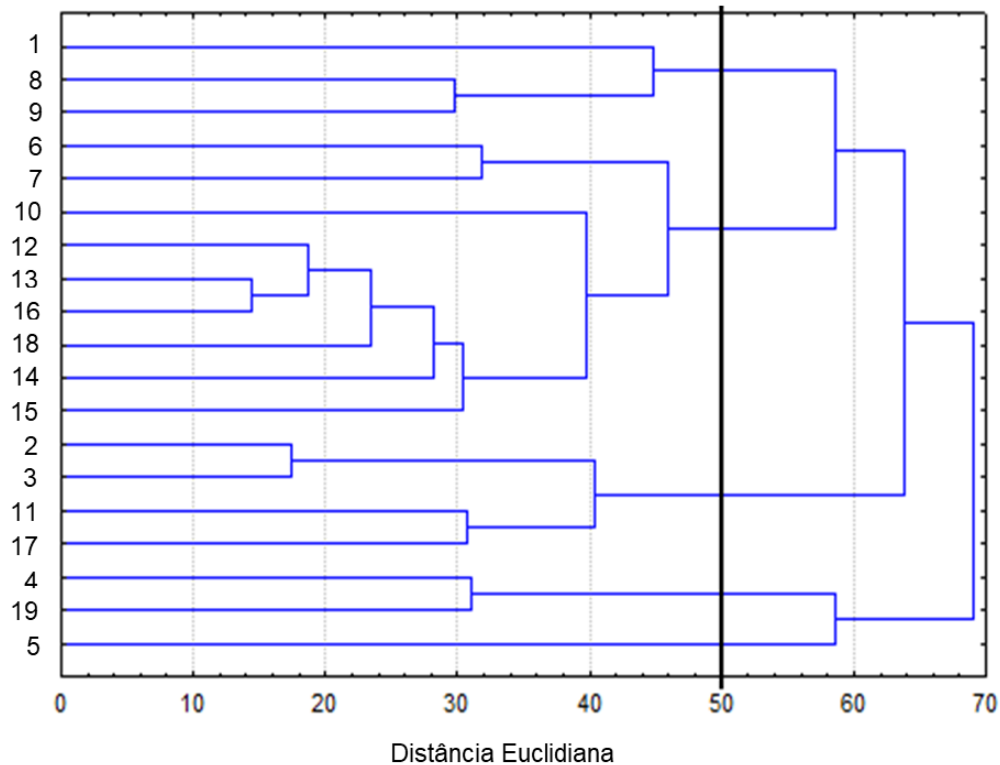


Figura 4 - Dendrograma de dissimilaridade, baseada na Distância Euclidiana entre amostras de mel de *Melipona fasciculata* (1 a 19) provenientes do estado do Piauí, Brasil.

DISCUSSÃO

A análise polínica dos méis de *M. fasciculata* provenientes do Piauí revelou uma grande diversidade de espécies vegetais visitadas para a coleta de recursos por essas abelhas, reafirmando o hábito generalista de abelhas sociais (RAMALHO et al., 1989; 2007). Os tipos polínicos sem a determinação da afinidade botânica apresentaram uma baixa representatividade na contagem de grãos de pólen nas amostras, ocorrendo principalmente como pólen isolado ocasional. O relato de tipos polínicos indeterminados tem sido recorrente em estudos melissopalínológicos (OLIVEIRA e SANTOS, 2014; JESUS et al., 2014; MATOS e SANTOS, 2015; REZENDE et al., 2018) que é justificado pela falta de conhecimento polínico da flora dos diferentes biomas brasileiros (BARTH et al., 2013).

Como observado no espectro polínico das amostras estudadas, cinco amostras de *M. fasciculata* apresentaram tipo polínico dominante. Entretanto, não é possível considerar essas amostras como monoflorais, visto a falta de informação sobre a

biologia floral das espécies representadas por alguns tipos polínicos dominantes. Não existe uma relação constante entre as quantidades de néctar e pólen produzidos por uma planta (BARTH, 1989), logo apenas a contagem de grãos de pólen de uma amostra de mel não é suficiente para determinar a quantidade de néctar fornecida por uma espécie vegetal (OLIVEIRA e SANTOS, 2014). A biologia floral das espécies fornecedoras de recursos tróficos para as abelhas e os fatores de sub e super-representação de grãos de pólen no espectro polínico nas amostras precisam ser considerados para a classificação de méis mono ou heteroflorais (BARTH, 1989; 1996). Em amostras de mel de *M. fasciculata* oriundas do Maranhão, cerca de 42% foram consideradas monoflorais dos tipos polínicos *Pontederia parviflora* (Pontederiaceae) e *Mimosa caesalpinifolia* (Fabaceae) (MARTINS et al., 2011).

Representantes de Fabaceae estiveram presentes em todas as amostras analisadas (Tabela 2). A dominância de tipos polínicos desta família corrobora com outros estudos de análise polínica de mel de *Apis mellifera* realizadas no estado do Piauí, com número de tipos polínicos, superiores aos registrados pelo presente estudo (BORGES et al., 2014; JESUS et al., 2014). Espécies de Fabaceae são consideradas fontes primárias de néctar para abelhas do gênero *Melipona* (SILVA et al., 2013; MAIA-SILVA et al., 2018).

O gênero *Mimosa* foi representado por quatro tipos polínicos no espectro polínico dos méis estudados, sendo registrado em aproximadamente 84% das amostras. Tipos polínicos de *Mimosa* são os mais frequentes em amostras de mel de *M. fasciculata*, em estudo realizado por Martins et al. (2011). Espécies desse gênero são relatadas como de grande importância na oferta de recursos para as abelhas sociais no semiárido nordestino (OLIVEIRA et al., 2010; JESUS et al., 2014; LUCAS et al., 2018; SILVA et al., 2017). Segundo Silva et al. (2017) estas plantas fornecem recursos poliníferos durante todo o ano para a dieta de *Melipona asilvai* Moure, 1971 na Caatinga do Nordeste brasileiro.

O tipo polínico *Mimosa caesalpinifolia* teve importante contribuição para a composição dos méis analisados, pois foi classificado como muito frequente no conjunto amostral, ocorrendo como pólen dominante e acessório em grande parte das amostras (Figura 2). O tipo *M. caesalpinifolia* é relatado como de grande contribuição no espectro polínico de méis de meliponíneos (CARVALHO et al., 2001; 2006; SOUZA et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2015). Esse tipo polínico contribui ao longo do ano

para a composição de méis de *M. fasciculata* em área de baixada ocidental maranhense (MARTINS et al., 2011). Além de ser relatado como abundante em amostras de mel de *A. mellifera* em áreas de caatinga, ecótonos e vegetação costeira do estado do Piauí, sendo contabilizado em mais de 90% das amostras analisadas por Borges et al. (2014).

O tipo polínico *P. moniliformis* foi um outro representante de Fabaceae muito frequente nas amostras estudadas, ocorrendo como pólen acessório e isolado importante. Esse tipo foi relatado como de grande importância na caracterização de méis nos estados da Bahia e Piauí (BARTH, 1989). No estado do Piauí foi relatado como dominante na composição dos méis de *Apis mellifera* de cor clara (JESUS et al., 2014). Esse gênero é considerado chave para preservação e multiplicação, com fins de ampliação de pastos de interesse para as abelhas (SODRÉ et al., 2008).

A família Myrtaceae foi representada por quatro tipos polínicos, o tipo *Myrcia* foi dominante em duas amostras e acessório em outras duas. O tipo *Psidium* 1 foi dominante em uma amostra e acessório em outras seis. Representantes de Myrtaceae são importantes fornecedoras de recursos tróficos para abelhas melíferas (RAMALHO et al., 2007), sendo o pólen o principal recurso trófico fornecido (CARVALHO et al., 2016). Em méis *M. fasciculata* de campos inundados da Baixada Maranhense, Myrtaceae foi representada por seis tipos polínicos pertencentes a três gêneros (*Myrcia*, *Eugenia* e *Psidium*) (MARTINS et al., 2011). O tipo polínico *Myrcia* contribui de forma significativa na composição de cargas polínicas das corbículas de operárias e potes de mel e pólen de outras espécies de *Melipona*, como *M. capixaba* Moure & Camargo, 1994 (SERRA et al., 2012) *M. scutellaris* Latreille, 1811 (LUCAS et al., 2018) e *M. quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, 1836 (FREITAS et al., 2017).

Embora a família Euphorbiaceae tenha sido representada por cinco tipos polínicos, destaca-se o tipo *Croton* 1 que ocorreu como pólen acessório em uma amostra e como pólen isolado importante em outras seis (Figura 2). Os demais representantes desta família foram categorizados pouco frequente ou raro nas amostras analisadas ocorrendo em grande parte como pólen isolado ocasional. Ainda são poucas as informações em relação a real contribuição das espécies de *Croton* para a produção de mel (BORGES et al., 2014). Entretanto, tipos polínicos relacionados a espécies de plantas do gênero *Croton*, são relatados como muito

frequentes em amostras de mel de *A. mellifera* provenientes do Piauí (JESUS et al., 2014).

O tipo polínico *Protium* (Burseraceae) foi uma importante fonte de recurso para a composição das amostras de mel estudadas, sendo classificado como pólen acessório na maioria das amostras em que foi identificado. Plantas do gênero *Protium* foram citadas como boas fontes de néctar e pólen para abelhas do gênero *Melipona* na região amazônica do Brasil (OLIVEIRA et al., 2009; FERREIRA e ABSY, 2017; REZENDE et al., 2018). Em amostras de geoprópolis de *M. fasciculata* oriundas de da região amazônica, no estado do Maranhão, esse tipo polínico foi categorizado como muito frequente no conjunto de dados (RIBEIRO et al., 2018).

Melastomataceae apresentou dois tipos polínicos, o tipo *Miconia* foi classificado como pouco frequente e ocorreu como isolado importante. O tipo *Tibouchina* foi classificado frequente no conjunto amostral e dominante em uma amostra. A ocorrência desses tipos polínicos é comum em amostras de mel de abelhas sociais sem ferrão em diferentes regiões do Brasil (NASCIMENTO et al., 2015; MATOS e SANTOS, 2015; FERREIRA e ABSY, 2017; REZENDE et al., 2018). Grande parte das espécies de Melastomataceae, são consideradas poliníferas ou com baixa oferta de néctar, principalmente pelo fato dessas espécies apresentarem anteras poricidas (ANDERSON e SYMON, 1985; HARTER et al., 2002).

Outros tipos polínicos correlacionados a plantas consideradas poliníferas e que ocorreram com frequência no presente estudo, foram *Chamaecrista* 2, *Cocos nucifera*, *Mimosa pudica*, *Psidium* 1, *Psidium* 2, *Senna obtusifolia* e *Solanum* 1. A ocorrência abundante e frequente desses tipos pode ser explicada pela intensa visita das abelhas para a coleta de pólen e acidentalmente contaminam o mel (MATOS e SANTOS, 2015; FERREIRA e ABSY, 2015). Em outros casos pode estar relacionado ao tamanho do grão de pólen. Grãos de pólen que variam de muito pequeno a pequeno tendem a ser liberados pelas plantas em grandes quantidades e são super-representados nas amostras de mel (BARTH, 1989; FERREIRA e ABSY, 2017).

Tipos polínicos relacionados a espécies de hábito herbáceo foram os mais frequentes no presente estudo, corroborando com os dados apresentados por Carvalho et al. (2016), que estudaram o espectro polínico de cargas de grãos de pólen de operárias de *M. fasciculata* provenientes do estado do Maranhão. Os autores

relataram que 57,6% das espécies vegetais de importância para esta *M. fasciculata* são de hábito de crescimento herbáceo.

Os valores de diversidade (H') dos recursos tróficos apresentados no mel de *Melipona fasciculata* foram superiores aos relatados para *Melipona seminigra merrillae* Friese, 1903, e *M. interrupta* Latreille, 1811, espécies de abelhas amazônicas (FERREIRA e ABSY, 2015; 2017). Valores similares aos registrados no presente trabalho foram reportados para méis de *M. scutellaris* oriundos de área de cultivo de café no estado da Bahia (LUCAS et al., 2018) e para *M. fulva* Lepeletier, 1836, em fragmento de floresta tropical no estado do Amazonas, Brasil (OLIVEIRA et al., 2009). Em área da Baixada Maranhense a amplitude de nicho trófico de *M. fasciculata* foi investigada com base nos tipos polínicos presentes nas cargas polínicas retiradas das corbículas de operárias que retornavam às colônias (GOSTINSKI et al., 2018). O mesmo estudo relata que *M. fasciculata* apresentou amplitude e uniformidade ($H'=3,41$, $J'=0,84$) superiores ao reportado pelo presente estudo.

A amostra T7 oriunda do meliponário mais distante geograficamente dos demais meliponários (município de Guadalupe) apresentou tanto a maior diversidade quanto a maior uniformidade dos tipos polínicos identificados. Nessa amostra foram identificados uma grande quantidade de tipos polínicos e todos os tipos tiveram frequências similares, com exceção do tipo *Cassia*, categorizado como pólen acessório, os demais ocorreram como isolado importante e isolado ocasional, indicando que a coleta de recursos foi mais uniforme.

CONCLUSÃO

O espectro polínico de méis de *Melipona fasciculata* demonstrou que esta espécie possui uma dieta ampla e diversificada nos ambientes amostrados no estado do Piauí, com grande contribuição de tipos polínicos das famílias Fabaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae.

As espécies vegetais relacionadas aos tipos polínicos: *Croton* 1, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Pityrocarpa monifliformis* e *Protium* são importantes fontes de recursos para a produção de mel e manutenção de colônias de *Melipona fasciculata* na área estudada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, G. J.; SYMON, D. Extrafloral nectaries in *Solanum*. **Biotropica**, v.17, p. 40–45, 1985.
- ANDRADE, I.M.; SILVA, F.S.; MAYO, S.J.; SILVA, A. G.; SILVA, A.P.M.; BRAZ, G.S.; MELO, L.M.B; NASCIMENTO, H.C.E; REIS, R.B.; SANTOS, R.L. Diversidade de fanerógamas do Delta do Parnaíba, litoral piauiense. In: GUZZI, A. (Org.). **Biodiversidade do Delta do Parnaíba: litoral piauiense**. 1ed.Teresina: EDUFPI, 2012. p. 63-115.
- BARROS, M.H.M.R.; LUZ, C.F.P.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Pollen analysis of geopropolis of *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854 (Meliponini, Apidae, Hymenoptera) in areas of Restinga, Cerrado and flooded fields in the state of Maranhão, Brazil. **Grana**, v. 52, n. 2, p. 81–92, 2013. doi: 10.1080/00173134.2013.765909.
- BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 324-350, 2004.
- BARTH, O.M. Monofloral and wild flower honey pollen spectra in Brazil. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v. 48, n 3, p. 163-164, 1996.
- BARTH, O.M. **O pólen no mel brasileiro**. Rio de Janeiro: Luxor, 1989. 226p.
- BARTH, O.M.; FREITAS, A.S.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; VIT, P. Palynological analysis of Brazilian stingless bee pot-honey. In: VIT, P.; PEDRO, S.R.M.; ROUBIK, D. (Eds.), **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York, Springer, p. 285-294, 2013.
- BORGES, R.L.; JESUS, M.C.; CAMARGO, R.C.R.; SANTOS, F.A.R. Pollen content of marmeleiro (*Croton* spp., Euphorbiaceae) honey from Piauí State, Brazil. **Palynology**, v. 38, n. 2, p. 179-194, 2014.
- BORGES, R.L.B.; SANTOS, F.A.R. Tipos polínicos de *Apis mellifera* L. do Semiárido. In: SANTOS, F.A.R.; CARNEIRO, C.E. (Orgs.) **De Melli Semiáridi: analisando o mel nordestino**. Salvador: EDUFBA, 2015. 207p.
- BURIL, M.T.; SANTOS, F.A.R.; ALVES, M. Diversidade polínica das Mimosoideae (Leguminosae) ocorrentes em uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** (Press), v.24, p.53–64, 2010.
- CARVALHO, C.A.L.; ALVES, R.M.O.; SOUZA, B.A.; VÉRAS, S.O.; ALVES, E.M.; SODRÉ, G.S. Proposta de regulamento técnico de qualidade físico-química do mel floral processado produzido por abelhas do gênero *Melipona*. In: VIT, P.; PEDRO, S.R.M.; ROUBIK, D. (Eds.), **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York, Springer, p. 285-294, 2013.

CARVALHO, C.A.L.; NASCIMENTO, A.S.; PEREIRA, L. L.; MACHADO, C. S.; CLARTON, L. Fontes nectaríferas e poliníferas utilizadas por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) no Recôncavo Baiano. **Magistra**, v.18, p.249-256, 2006.

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

CARVALHO, G.C.A; RIBEIRO. M.H.M.; ARAUJO, A.C.A.M.; BARBOSA, M.M.; OLIVEIRA, F.S.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Flora de importância polínica utilizada por *Melipona (Melikerria) fasciculata*, 1854 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em área de Floresta Amazônica na Região de Baixada Maranhense, Brasil. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 01, p. 58-68, 2016. doi: 10.4257/oeco.2016.2001.05.

CASTRO, A.A.J.F. Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publicações avulsas em conservação de ecossistemas**, v.18, p.1-28, 2007.

CHARRAD, N.; GHAZZALI N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: NbClust package for determining the best number of clusters. R package version 2.0.1. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=NbClust>. 2014.

CRUZ, C.D. **Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística**. 2014.

DE KLERK, P.; JOOSTEN, H. The difference between pollen types and pollen taxa: a plea for clarity and scientific freedom. **Quaternary Science Journal**, v. 56, p. 24-33, 2007. doi: 10.3285/eg.56.3.02.

ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, Stockholm, v.39, p.561-564, 1960.

FELLER-DEMALSY, M.J.; PARENT, J.; STRACHAN, A.A. Microscopic analysis of honey from Alberta, Canada. **Journal of Apicultural Research**, v. 26, n. 2, p. 123-132, 1987. doi: 10.1080/00218839.1987.11100748.

FERREIRA, M.G.; ABSY, M.L. Pollen analysis of honeys of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Hymenoptera: Apidae) bred in Central Amazon, Brazil, **Grana**, 2017. doi: 10.1080/00173134.2016.1277259.

FERREIRA, M.G.; ABSY, M.L. Pollen niche and trophic interactions between colonies of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Apidae: Meliponini) reared in floodplains in the Central Amazon. **Artropod-Plant Interactions**, v. 9, p. 263-279, 2015. doi: 10.1007/s11829-015-9365-0.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10730>>. Acesso em: 01 Abr. 2018

FREITAS, A.S.; VANDERBORGHT, B.; BARTH, O.M. Pollen resources used by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier in an urban forest in Rio de Janeiro city, Brazil. **Palynology**, v. 47, p. 1-8, 2017. doi: 10.1080/01916122.2017.1363827.

GOSTINSKI, L.F.; OLIVEIRA, F.F.; CONTRERA, F.A.L.; ALBUQUERQUE, P.M.C. Nicho trófico e partição de fontes polínicas por duas espécies de *Melipona* (Hymenoptera, Apidae) na Amazônia Oriental. **Oecologia Australis**, v. 22, p. 449-462, 2018. doi: 10.4257/oeco.2018.2204.08.

HARTER, B.; LEISTIKOW, C.; WILMS, W.; TRUYLIO, B.; ENGELS, W. Bees collecting pollen from flowers with poricidal anthers in a south Brazilian Araucaria forest: a community study. **Journal of Apicultural Research**, v. 40, p. 9-16, 2002.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A.T.; MAIA, U.M.; BLOCHTEIN, B.; CARVALHO, C.A.L.; CARVALHO-ZILSE, G.A.; FREITAS, B.M. MENEZES, C.; RIBEIRO, M.F.; VENTURIERI, G.C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Bees for development: Brazilian survey reveal show to optimize stingless beekeeping. **Plos One**, v. 10, n. 03, p. 1-21, 2015. doi: 10.1371/journal.pone.0121157.

JESUS, M.C.; BORGES, R.L.B.; SOUZA, B.A.; BRANDÃO, H.N.; SANTOS, F.A.R. A study of pollen from light honeys produced in Piauí State, Brazil. **Palynology**, v. 38, p. 1-16, 2014. doi: 10.1080/01916122.2014.942440.

JONES, G.D., BRYANT Jr, V.M. The use of ETOH for the dilution of honey. **Grana**, v. 43, p. 174–182, 2004.

KERR, W.E.; ABSY, M.L.; MARQUES-SOUSA, A.C. Espécies nectaríferas e poliníferas utilizadas pela abelha *Melipona compressis fasciculata* (Meliponinae, Apidae). **Acta Amazonica**, v. 16/17, p. 1986.

LIMA, L.C.L.; SILVA, F.H.M.; SANTOS, F.A.R.; Palinologia de espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae – Mimosoidae) do Semiárido brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 794-805, 2008. doi: 10.1590/S0102-33062008000300016.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. Bee World, **Gerrards Cross**, v.59, n.4, p.139-157, 1978.

LUCAS, C.I.S.; ANDRADE, W.C.; FERREIRA, A.F.; SODRÉ, G.S.; CARVALHO, C.A.L.; COSTA, A.P.C.; AGUIAR, C.M.L. Pollen types from colonies of *Melipona scutellaris*, Latreille, 1811 (Hymenoptera: Apidae) established in a coffee plantation. **Grana**, v. 57, p. 235-245, 2018. doi: 10.1080/00173134.2017.1330361.

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

MAIA-SILVA, C.; LIMÃO, A.A.C.; HRNCIR, M.; PEREIRA, J.S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The contribution of palynological conservation: a case study with *Melipona subnitida*. In: VIT, P.; SILVIA, R.M.; ROUBIK, D. (Eds.) **Pot-pollen in stingless bee melittology**. Springer International Publishing, v. 1, 2018. p. 89-101.

MARTINS, A.C.L.; RÊGO, M.M.C.; CARREIRA, L.M.M.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; Espectro polínico de Mel de tiúba (*Melipona fasciculata* Smith, 1854, (Hymenoptera, Apidae). **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 183-190, 2011.

MATOS, V.R.; SANTOS, F.A.R. Pollen in honey of *Melipona scutellaris* L. (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic rainforest area in Bahia, Brazil. **Palynology**, v. 40, p. 1-35, 2015. doi:10.1080/00173134.2018.1545864.

NASCIMENTO, A.S.; MARCHINI, L.G.; CARVALHO, C.A.L.; ARAÚJO, D.F.D.; SILVEIRA, T.A.S. Pollen spectrum of stingless bees honey (Hymenoptera: Apidae), Paraná State, Brazil. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 3, n. 2, p. 290-296, 2015.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; SILVA, C.I.; ROLDÃO, Y.S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as eficiente pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, p. 537–546 2013. doi: 10.1007/s13592-013-0204-y.

OLIVEIRA, F.P.M.; ABSY, M.L.; MIRANDA, I.S. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus – Amazonas. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 505-518, 2009.

OLIVEIRA, P.P.; SANTOS, F.A.R.; **Prospecção Palinológica em Méis da Bahia**. Feira de Santana: Print Mídia, 2014. 120.

OLIVEIRA, P.P.; VAN DEN BERG, C.; SANTOS, F.A.R. Pollen analysis of honeys from caatinga vegetation of the state of Bahia, Brazil. **Grana**, v. 49, n. 1, p. 66-75, 2010.

PEDRO, S.R.M. The Stingless Bee Fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348-354, 2014. doi: 10.13102/sociobiology.v61i4.348-354.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Undated world map of the Köppen-Geiser climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PIELOU, E.C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

RCPol - Rede de catálogos polínicos online. disponível em: < <http://chaves.rcpol.org.br/> >. acesso em: 01.Abr.2018

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. 2018.

RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Utilization of floral resources by species of *Melipona* (Apidae, Meliponinae): floral preferences. **Apidologie**, v. 20, p. 185–195, 1989.

RAMALHO, M.; SILVA, M. D. E.; CARVALHO, C. L. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio tropical atlântico. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 38-45, 2007.

RIBEIRO, M.H.M.; ALBUQUERQUE, P.M.C.; LUZ, C.F.P. Pollen profile of Geopropolis samples collected of “Tiúba” (*Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854) in areas of Cerrado and flooded fields in the state of Maranhão, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, p. 895–912, 2016.

RIBEIRO, M.H.N.; LUZ, C.F.P.; ALBUQUERQUE, P.C.C. Palynology as a tool for distinguishing geoprópolis samples from stingless bee species in the Maranhense Amazon, Brazil. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 05, 2018. doi: 10.1080/00218839.2018.1494890.

ROUBIK, D.W.; MORENO, P.J.E. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991.

SANTOS-FILHO, F.S.; MESQUITA, T.K.S.; ALMEIDA-JÚNIOR, E.B.; ZICKEL, C.S. A flora do Cajueiro da Praia: uma área de tabuleiros do litoral do Piauí, Brasil. **Revista Equador**, v. 5, p. 21-35, 2016.

SERRA, B.D.; LUZ, C.F.P.; CAMPOS, L.A.O. The use of polliniferous resources by *Melipona capixaba*, an endangered stingless bee species. **Journal of Insect Science**, v.12, p.1-14, 2012.

SHANNON, C.E.; WEAVER, J.E. **The mathematical theory of communication**. Champaign, IL: University of Illinois Presse, 1949.

SILVA, A.P.S.; ALVES, R.M.O.; SANTOS, F.AR. The role of *Mimosa* L. (Fabaceae) on pollen provision of *Melipona asilvai* Moure 1971 in a Caatinga area from Brazil. **Grana**, v. 57, p. 1-11, 2017.

SILVA, T.M.S.; SANTOS, F.P; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E.M.S; SILVA, G.S.; NOVAIS, J.S; SANTOS, F.A.R; CAMARA, C.A. Phenolic compounds, melissopalynological, physico-chemical analysis and antioxidant activity of jandaira (*Melipna subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 10-18, 2013.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.; CARVALHO, C.A.L. Tipos polínicos encontrados em amostras de méis de *Apis mellifera* em Picos, Estado do Piauí. **Ciência Rural**, v. 38, n.3, p.839-842, 2008.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon**, v.11 p.33-40. 1962.

STATSOFT INC, **Statistica** (data analysis software system), Version 7.1, Disponível em: <www.statsoft,inc>. 2005.

SOUSA, G.M.; VIEIRA, F.J.; OLIVEIRA, L.S.D.; SOARES, S.M.N.A.; BARROS, R.F.M. Espécies apícolas e melitófilas da flora do estado do Píauí. In: SANTOS, F.A.R.; CARNEIRO, C.E. (Orgs.) **De Melli Semiaridi**: analisando o mel nordestino. Salvador: EDUFBA, 2015. 207p.

SOUZA, L.S.; LUCAS, C.I.S.; CONCEIÇÃO, P.J. PAIXÃO, J.F. ALVES, R.M.O. Pollen spectrum of the honey of urucu bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) (Hymenoptera: Apidae) in North Coast of Bahia. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 37, p. 483:489, 2015.

VENTURIERI, G.C.; RAIOL, V.F.O.; PEREIRA, C.A.B. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina) entre os agricultores familiares de Bragança – PA, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, 2003.

ARTIGO 3

Espectro polínico e parâmetros físico-químicos de amostras de mel de *Apis mellifera* L., 1758 produzidos no semiárido do estado do Piauí, Brasil ¹

¹ Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico International Journal of Food Science & Technology.

Espectro polínico e parâmetros físico-químicos de amostras de mel de *Apis mellifera* L., 1758 produzidos no semiárido do estado do Piauí, Brasil

Resumo:

A análise polínica e os atributos físico-químicos são importantes fatores para a caracterização do mel de *Apis mellifera* L.. O Piauí é o estado com maior produção de mel da região Nordeste do Brasil. O objetivo do presente estudo foi identificar o espectro polínico e avaliar parâmetros físico-químicos de méis de *Apis mellifera* L. oriundos de importantes polos de produção de mel do estado do Piauí. Amostras de méis produzidas entre janeiro a dezembro de 2015 foram analisadas quanto ao conteúdo de grão de pólen presentes nas amostras. Adicionalmente, foram determinados os parâmetros físico-químicos: umidade, teor de hidroximetilfurfural (HMF), atividade diastásica, pH e cor. Um total de 149 tipos polínicos distribuídos em 39 famílias botânicas foram identificados no espectro polínico. Oito tipos polínicos foram categorizados como pólen dominante em pelo menos uma amostra (*Borreria verticillata*, *Caesalpinia*, *Eucalyptus* 1, *Eucalyptus* 2, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *M. pudica*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Spondias*). Seis tipos polínicos ocorreram em mais de 50% das amostras e foram classificados como muito frequentes (*Alternanthera*, *Borreria verticillata*, *Hyptis*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *M. pudica* e *M. tenuiflora*). Aproximadamente 94% das amostras estão dentro dos limites definidos pela legislação internacional e brasileira para os parâmetros físico-químicos analisados. O teor de umidade das 107 amostras estudadas variou de 16,77 a 19,29%. Para o parâmetro atividade diastásica 96,26% das amostras se encontraram em conformidade com a legislação. Quanto ao teor de HMF, 6,54% das amostras apresentaram valores superiores ao determinado pela legislação brasileira. O espectro polínico dos méis de *A. mellifera* avaliados possui grande diversidade de tipos polínicos. O estado do Piauí, produz mel de boa qualidade tanto na estação chuvosa quanto na seca.

Palavras-chave: Melissopalínologia, caracterização de mel, Nordeste.

Pollen spectrum and physical-chemical parameters of honey samples of *Apis mellifera* L., 1758 produced in the semi-arid state of Piauí, Brazil

Pollen spectrum and physical-chemical parameters of honey samples of *Apis mellifera* L., 1758 produced in the semi-arid state of Piauí, Brazil

Abstract:

The pollen analysis and physicochemical attributes are important factors for the characterization of *Apis mellifera* L. honey. Piauí is the state with the largest honey production in northeastern Brazil. This study aimed to identify the pollen spectrum and to evaluate the physicochemical parameters of *Apis mellifera* L. strains from important honey production plants in Piauí State. Honey samples produced between January and December 2015 were analyzed for pollen grain content. Additionally, we determined the physicochemical parameters: humidity, hydroxymethylfurfural (HMF) content, diastatic activity, pH, and color. We identified 149 pollen types distributed in 39 botanical families in the pollen spectrum. Eight pollen types were categorized as dominant pollen in at least one sample (*Borreria verticillata*, *Caesalpinia*, *Eucalyptus* 1, *Eucalyptus* 2, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *M. pudica*, *Pityrocarpa moniliformis* and *Spondias*). Six pollen types occurred in more than 50% of the samples and were classified as very frequent (*Alternanthera*, *Borreria verticillata*, *Hyptis*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *M. pudica* and *M. tenuiflora*). About 94% of the samples were within the limits defined by international and Brazilian legislations for the physicochemical parameters analyzed. The moisture content of 107 samples studied ranged from 16.77 to 19.29%. For the parameter diastatic activity, 96.26% of the samples complied with the legislation. Regarding the HMF content, 6.54% of the samples presented values higher than limits determined by the Brazilian legislation. The pollen spectrum of the evaluated *A. mellifera* honeys has a great diversity of pollen types. The state of Piauí produces good quality honey in both the rainy and dry seasons.

Key words: Melissapalinology, honey characterization, northeastern Brazil.

INTRODUÇÃO

O mel é o principal produto oriundo da apicultura. No Brasil, a produção de mel tem se destacado na exportação desse importante produto, principalmente a região Nordeste (MORAIS et al., 2012). Em 2016, foi gerada uma receita de aproximadamente US\$ 92 milhões e o Brasil ocupou a nona posição entre os países exportadores de mel (ABEMEL, 2018). O estado do Piauí se destaca na produção de mel, ocupando a primeira posição entre os estados da região Nordeste (IBGE, 2017).

A maior parte do território do estado do Piauí está inserido na região Semiárida. Uma região rica por possuir uma grande heterogeneidade de ambientes, com a ocorrência de diversos ecossistemas, que proporcionam uma flora rica e pouco conhecida (SOUSA et al., 2015).

Os atributos físico-químicos e a análise dos grãos de pólen presentes no mel são os principais fatores para a caracterização deste produto (FÉAS et al., 2010). Adicionalmente, aumenta a confiança do consumidor em relação a sua qualidade e rastreabilidade, contribuindo para impulsionar os mercados locais e internacionais (WARUI et al., 2019).

A falta de conhecimento sobre a diversidade da flora é um fator que afeta a produção de mel, visto que a flora apícola disponível para as abelhas tem relação direta com a produção de mel (FREITAS e SILVA, 2006; OLIVEIRA e SANTOS, 2014). Nesse sentido, os grãos de pólen presentes no mel fornecem evidências sobre as fontes florais usadas pelas abelhas para a coleta de recurso e a frequência em que as abelhas a utilizam (JONES e BRYANT, 1996).

A avaliação dos tipos polínicos presentes no mel, através de estudos melissopalínológicos, indicam a qualidade de méis através da certificação da origem geográfica e botânica (BARTH, 2004; JONES e BRYANT, 2004). Além de indicar aos criadores fontes alternativas para os períodos de escassez de alimento no campo e/ou programar a implantação de culturas que disponibilizem esses recursos (MODRO et al., 2011; VILHENA et al., 2011; NOOR et al., 2015).

No estado do Piauí, um dos mais promissores na produção e comercialização de mel do Brasil foram publicados poucos estudos melissopalínológicos (SODRÉ et al., 2007a; 2008; BORGES et al., 2014; 2019; JESUS et al., 2014), observando-se lacunas no conhecimento a respeito das fontes vegetais que contribuem para a

composição dos méis de *Apis mellifera*. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo identificar o espectro polínico e avaliar parâmetros físico-químicos de méis de *A. mellifera* L oriundos de importantes polos de produção de mel do estado do Piauí. Estas informações contribuirão para o desenvolvimento da apicultura do estado do Piauí, importante estado exportador de mel.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estado do Piauí está localizado na região Nordeste do Brasil, ocupa uma área de 251.557,738 km². Está dividido em quatro mesorregiões socioeconômicas: Norte Piauiense, Centro-Norte Piauiense, Sudeste Piauiense e Sudoeste Piauiense, e em 15 microrregiões socioeconômicas: Alto Médio Canindé, Alto Médio Gurguéia, Alto Parnaíba, Baixo Parnaíba, Bertolândia, Campo Maior, Chapadas do Extremo Sul, Floriano, Litoral, Médio Parnaíba, Picos, Pio IX, São Raimundo Nonato, Teresina e Valença do Piauí (IBGE, 2013).

Em relação aos tipos vegetacionais apresenta, principalmente, três tipos: a caatinga, o cerrado e as áreas de transição, podendo também ser caracterizado de forma mais detalhada em uma categorização por unidades de planejamento, na qual se podem identificar cinco unidades: caatinga, cerrado, mata de babaçu, vegetação do litoral e ecótonos (CASTRO, 2007).

As amostras foram coletadas nos municípios de Picos (07°07'76" S, 41°46'74" W), Simplício Mendes (07°51'14" S, 41°54'37" W) e Valença do Piauí (06°40'51" S, 41°73'52" W). Os municípios de Picos e Simplício Mendes estão localizados na mesorregião do Sudeste Piauiense e possuem vegetação de Caatinga arbustiva e arbórea. O município de Valença do Piauí está localizado na mesorregião do Centro-Norte Piauiense e possui vegetação de campo cerrado e caatinga (CASTRO, 2007).

Amostragem

Para a realização do presente estudo, foram obtidas 107 amostras de mel de *Apis mellifera* dos principais centros de produção e comercialização do estado do Piauí, através de convênio com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da região Meio Norte (EMBRAPA-MN), localizada na cidade de Teresinha, Piauí.

As amostras analisadas foram colhidas entre janeiro e dezembro de 2015. Foram analisadas 61 amostras oriundas de cooperativas da região de Picos (1 a 18 – estação chuvosa e 19 a 61 estação seca), 45 da região de Simplício Mendes (61 a 71 estação chuvosa e 72 a 106 estação seca) e uma única amostra de um apicultor no município de Valença do Piauí (estação seca).

Procedimentos melissopalínológicos

De cada amostra (aproximadamente 100 g) foram retirados 10 g de mel, diluídos em 10 mL de água destilada morna (40°C) e homogeneizadas (LOUVEAUX et al., 1978). Acrescentou-se 50 mL de álcool etílico, centrifugou-se e o líquido sobrenadante descartado (JONES e BRYANT Jr., 2004). Após a centrifugação o sedimento polínico foi desidratado em ácido acético glacial por até 24 horas e posteriormente submetido ao processo de acetólise de Erdtman (1960). Com o sedimento resultante foram montadas lâminas com gelatina glicerinada.

A determinação da afinidade botânica do tipo polínico, quando possível, foi realizada por comparação com o laminário de referência da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e consultando a literatura especializada (ROUBIK e MORENO, 1991; 2019; LIMA et al. 2008; BURIL et al., 2010; BORGES e SANTOS, 2015).

Adotou-se a contagem de 1000 grãos de pólen por amostra para a determinação da frequência de cada tipo polínico por amostra e sua respectiva classe de frequência segundo Louveaux et al. (1978): pólen dominante (>45% do total de grãos) (PD), pólen acessório (16 a 45%) (PA), pólen isolado importante (3 a 15%) (Pii) e pólen isolado ocasional (<3%) (Pio).

Os tipos polínicos foram classificados de acordo com a sua distribuição no conjunto amostral, baseado na porcentagem de ocorrência de cada tipo polínico no conjunto de dados, como: raro (<10%), pouco frequente (de 10 a 20%), frequente (de 21 a 50%) ou muito frequente (> 50%) (FELLER-DEMALSY et al., 1987; JONES e BRYANT, 1996).

Parâmetros físico-químicos

Análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de mel foram realizadas no laboratório de Apicultura da Embrapa Meio Norte, de acordo com os Métodos

Oficiais de Análise (AOAC, 1990) em conformidade Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel (BRASIL, 2000). Os parâmetros avaliados foram: umidade (%), teor de hidroximetilfurfural (HMF) (mg kg^{-1}), atividade diastásica (na escala Göethe), pH e cor. Para a obtenção dos dados de cada parâmetro as análises foram realizadas em triplicatas.

Análise dos dados

Para verificar se houve diferenças nos parâmetros físico-químicos entre as amostras coletadas na estação seca e chuvosa utilizou-se o teste F da análise de variância. Para investigar a variabilidade dos dados foi realizada a análise de ordenação de componentes principais utilizando os dados dos parâmetros físico-químicos e a frequência absoluta de cada tipo polínico com frequência superior a 10% em pelo menos uma das amostras (HERRERO et al., 2002). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares *Past (Paleontological Statistics)* versão 2.15 (HAMMER et al., 2001) e R (R core, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espectro polínico

Um total de 149 tipos polínicos, distribuídos em 39 famílias botânicas foi identificado no espectro polínico de amostras de mel de *Apis mellifera* provenientes dos principais polos de produção de mel do estado do Piauí (Tabela 1). Quinze tipos polínicos não tiveram a afinidade botânica determinada, todos com frequência inferior a 2% nas amostras em que ocorreram. O número máximo de tipos polínicos por amostra foi de 28 tipos e mínimo de 5, com média de $16,10 \pm 5,34$ (Média \pm Desvio padrão) de tipos polínicos por amostra (Tabela 2).

A riqueza de tipos polínicos confirma o hábito generalista de *Apis mellifera*, que visita uma grande quantidade de plantas para coleta de recursos (Ramalho et al., 2007). Adicionalmente, é indicativa da grande diversidade florística e de tipos polínicos da região semiárida do estado do Piauí e o seu potencial para a apicultura (SODRÉ et al., 2007a; 2008; JESUS et al., 2014; BORGES et al., 2014; SOUSA et al., 2015).

As famílias com maior ocorrência de tipos polínicos foram Fabaceae (30 tipos), Malvaceae (13), Rubiaceae (10), Asteraceae (9), Myrtaceae (7) e Euphorbiaceae (6) (Figura 1). Essas famílias estão entre as que apresentaram maior número de tipos polínicos identificados em trabalhos melissopalínológicos no Brasil (SOUZA et al., 2019). Fabaceae é indicada como uma importante família para as abelhas, por incluir um amplo número de espécies vegetais que fornecem tanto néctar como pólen em grande quantidade no semiárido (BORGES et al., 2014). Além disso tem sido reportada com expressiva riqueza de tipos polínicos em espectros polínicos de méis de *A. mellifera* em outras regiões (NASCIMENTO et al., 2015; BOSCO e LUZ, 2017). Aproximadamente 54% das famílias foram representadas por um único tipo polínico.

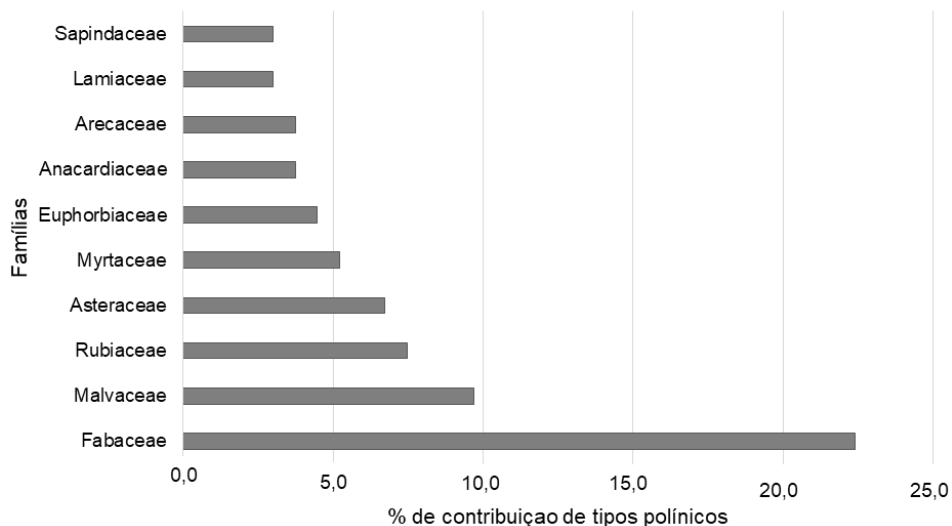


Figura 1: Contribuição por família botânica para a riqueza de tipos polínicos no mel de *Apis mellifera* oriundas do Piauí, Brasil. As barras representam as famílias com mais de 3% dos tipos polínicos.

A categoria de Pólen dominante (PD) ocorreu em 54 amostras (50,47%). O tipo polínico *Mimosa caesalpiniiifolia* (Fabaceae) apresentou frequência superior a 45% (PD) em 44 das amostras estudadas (41,12%). Em amostras de mel oriundas do município de Simplício Mendes, esse tipo polínico foi dominante em 58% das amostras analisadas por Borges et al. (2019). O tipo polínico *Eucalyptus* 1 (Myrtaceae) foi dominante em três amostras. Outros seis tipos polínicos foram dominantes em uma

única amostra cada (*Borreria verticillata* (Rubiaceae), *Eucalyptus* 2 (Myrtaceae), *Caesalpinia*, *M. pudica*, *Pityrocarpa moniliformis* (Fabaceae), e *Spondias* (Anacardiaceae) (Figura 2).

Dezenove tipos polínicos ocorreram como pólen acessório: *M. caesalpiniiifolia* (46 amostras), *M. pudica* (31), *M. tenuiflora* (22), *Hyptis* (3), *Spondias* (3), *Caesalpinia*, *Borreria latifolia*, *B. verticillata*, *Mitracarpus*, *Piptadenia*, (duas amostras cada), *Alternanthera*, *Borreria* 1, *Miconia*, *Myrcia* 1, *Myrcia multiflora*, *Tibouchina*, *Scoparia dulcis*, *Senna* 1 e *Tapirira* (uma amostra cada) (Tabela 1).

A frequência de ocorrência indica uma alta diversidade de tipos polínicos raros no conjunto amostral. Cerca de 70% dos tipos polínicos ocorreram em menos de 10% das amostras. Seis tipos polínicos ocorreram em mais de 50 % das amostras e foram classificados como muito frequentes (*Alternanthera*, *Borreria verticillata*, *Hyptis*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Mimosa pudica* e *Mimosa tenuiflora*) (Figura 2).

O gênero *Mimosa* (Fabaceae), apresentou maior riqueza de tipos polínicos (nove tipos polínicos). Esse gênero é apontado como de grande importância para as abelhas no Semiárido, muitas espécies são indicadas como boas fornecedoras de pólen (SANTOS et al., 2018), como é o caso do tipo *M. pudica* que ocorreu em 82,73% das amostras estudadas (frequência mínima de 0,20 e máxima de 51,10). Esse tipo possui grãos de pólen de muito pequenos a pequenos e são abundantes em laminas de melissopalínológicas. Espécies relacionadas a esse tipo que são: *Mimosa modesta* Mart., *M. sensitiva* L. e *Mimosa velloziana* Mart. (LIMA et al., 2008).

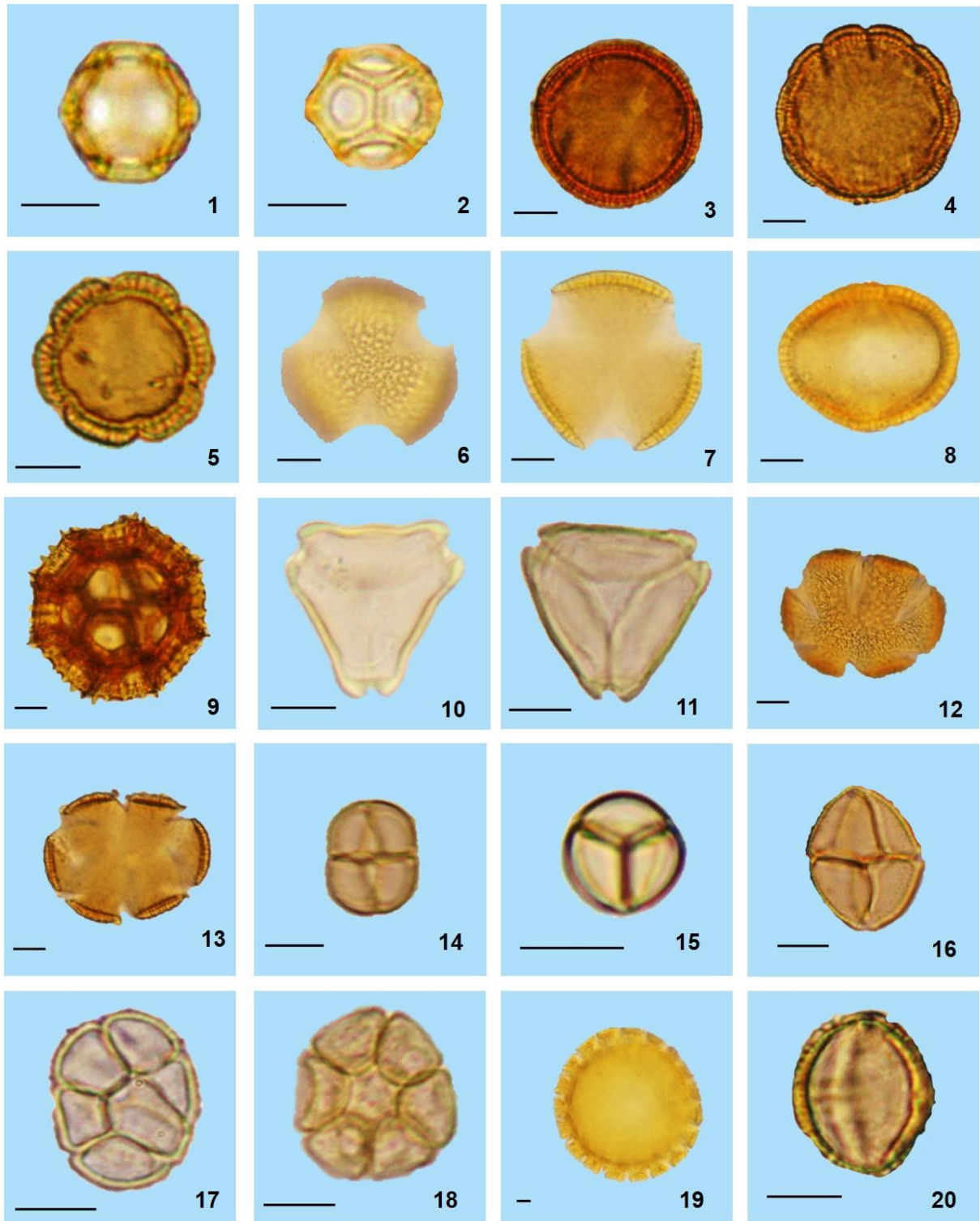


Figura 2: Tipos polínicos presentes em amostras de méis de *Apis mellifera* L. oriundas do Piauí, Brasil. 1 – 2: *Alternanthera* (Amaranthaceae). 2 – 4: *Borreria latifolia* (Rubiaceae). 5: *Borreria verticillata* (Rubiaceae). 6 – 8: *Caesalpinia* (Fabaceae). 9: *Elephantopus* (Asteraceae). 10: *Eucalyptus* 1. 11: *Eucalyptus* 2 (Myrtaceae). 12 - 13: *Hyptis* (Lamiaceae). 14: *Mimosa caesalpinifolia*. 15: *Mimosa pudica*. 16: *Mimosa tenuiflora*. 17: *Piptadenia*. 18: *Pityrocarpa moniliformis* (Rubiaceae). 19: *Richardia grandiflora* (Rubiaceae). 20: *Spondias* (Anacardiaceae). Barra= 10 µm.

Tabela 1: Distribuição dos tipos polínicos de acordo com a frequência de ocorrência e as classes de frequência nas amostras estudadas. (**FO:** Frequência de Ocorrência (R: Raro; PF: Pouco frequente; F, Frequente; MF: Muito frequente); **PD:** Pólen dominante; **PA:** Pólen acessório; **Pli:** Pólen isolado importante; **Plo:** Pólen isolado ocasional).

Família	Tipo polínico	FO	PD	PA	Pli	Plo
Acanthaceae	Acanthaceae	R				4
Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	MF		1	42	48
	<i>Amaranthus</i>	F			2	25
	<i>Gomphrena</i>	PF			1	11
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	PF			2	11
	<i>Mangifera indica</i>	R				6
	<i>Schinus</i>	PF			2	12
	<i>Spondias</i>	F	1	3	7	14
	<i>Tapirira</i>	PF		1	4	12
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	PF			1	17
	Arecaceae 1	R			3	1
	Arecaceae 2	R				3
	Arecaceae 3	R				1
	Arecaceae 4	R				1
Asteraceae	<i>Aspila</i>	R				9
	<i>Bidens</i>	R				4
	<i>Elephantopus</i>	F				44
	<i>Eupatorium</i>	R				3
	<i>Mikania</i>	R				1
	<i>Vernonanthura</i>	F			2	41
	Asteraceae 1	R				5
	Asteraceae 2	R				1
	Asteraceae 3	R				1
	Bignoniaceae	Bignoniaceae 1	R			
<i>Handroanthus</i>		R			3	6
<i>Tabebuia</i>		R				1
Burseraceae	<i>Protium</i>	R			1	2
	Burseraceae	R				1
Combretaceae	<i>Combretum</i>	R				5
Commelinaceae	<i>Commelina</i>	PF				12
	Commelinaceae	R				1
	<i>Tradescantia</i>	R				1
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	R				4
	<i>Jacquemontia</i>	R				6
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	R				2
Erythroxilaceae	<i>Erythroxylum</i>	R			1	2
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> 1	PF			6	12
	<i>Croton</i> 2	PF				13
	<i>Croton echiioides</i>	R				1
	<i>Euphorbia</i> 1	R			1	1
	<i>Euphorbia</i> 2	R				3

Tabela 1: (Continuação)

Família	Tipo polínico	FO	PD	PA	Pii	Pio
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> 3	R				1
Fabaceae	<i>Acacia</i>	PF				18
	<i>Anadenanthera</i>	PF				12
	<i>Caesalpinia</i>	R	1	2	3	4
	<i>Chamaecrista</i> 1	PF			2	17
	<i>Chamaecrista</i> 2	R				5
	<i>Chamaecrista</i> 3	R				8
	<i>Copaifera</i>	PF			1	17
	<i>Machaerium</i>	R				8
	<i>Mimosa</i> 1	R				6
	<i>Mimosa</i> 2	R			1	9
	<i>Mimosa</i> 3	R				2
	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	MF	44	46	10	3
	<i>Mimosa misera</i>	R				1
	<i>Mimosa pudica</i>	MF	1	31	50	10
	<i>Mimosa quadrivalvis</i>	F			4	31
	<i>Mimosa tenuiflora</i>	MF		22	30	12
	<i>Mimosa ulbrichiana</i>	R			2	2
	<i>Parkia</i>	R				1
	<i>Piptadenia</i>	F		2	6	18
	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	F	1		22	13
	<i>Senegalia</i>	R				1
	<i>Senna</i> 1	F		1	3	35
	<i>Senna</i> 2	R			2	6
	<i>Senna</i> 3	R				1
	<i>Senna</i> 4	R				1
	<i>Senna macranthera</i>	R			1	
	<i>Sthylozanthos</i>	R				1
	<i>Swartzia</i>	R				3
	Fabaceae 1	R				4
	Fabaceae 2	R			1	4
Gentianaceae	<i>Schultesia</i>	R				5
Lamiaceae	<i>Hypenia</i>	R			1	9
	<i>Hypenia salzmannii</i>	R				1
	<i>Hyptis</i>	MF		3	25	51
	<i>Salvia</i>	PF			3	11
Lythraceae	<i>Cuphea</i>	R				10
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i>	R			1	
	<i>Byrsonima</i>	PF			3	9
Malvaceae	<i>Eriotheca</i>	R				3
	<i>Heliocarpus</i>	R				5
	<i>Herissantia</i>	PF			1	14
	<i>Hibiscus</i>	R				1

Tabela 1: (Continuação)

Família	Tipo polínico	FO	PD	PA	Pii	Pio
Malvaceae	Malvaceae 1	R			1	3
	Malvaceae 2	R				2
	Malvaceae 3	R				3
	<i>Melochia</i>	R				1
	<i>Sida</i> 1	R			1	9
	<i>Sida</i> 2	R				6
	<i>Sidastrum</i>	R			1	
	<i>Urena lobata</i>	R				1
	<i>Waltheria</i>	PF				19
	Melastomataceae	<i>Miconia</i>	F		1	11
<i>Tibouchina</i>		F		1	11	31
Meliaceae	<i>Cedrela</i>	R				1
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i> 1	R	3		1	4
	<i>Eucalyptus</i> 2	R	1		1	2
	<i>Myrcia</i> 1	F		1	8	19
	<i>Myrcia</i> 2	R			1	9
	<i>Myrcia multiflora</i>	R		1	1	1
	<i>Psidium</i>	R			2	6
	Myrtaceae	R				1
	Nyctaginaceae	<i>Boerhavia</i>	R			
Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	R				1
Piperaceae	<i>Piper</i>	R				10
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i>	F		1	13	29
Poaceae	Poaceae 1	F			2	25
	Poaceae 2	PF				14
Polygalaceae	<i>Polygala</i>	R				1
Rhamnaceae	<i>Ziziphus</i>	R				3
Rubiaceae	<i>Borreria</i> 1	R		1	3	5
	<i>Borreria</i> 2	R			5	5
	<i>Borreria latifolia</i>	PF		2	6	4
	<i>Borreria verticillata</i>	MF	1	22	37	15
	<i>Coffea</i>	R				1
	<i>Diodella</i>	R				9
	<i>Mitracarpus</i>	F		2	13	34
	<i>Richardia grandiflora</i>	F			1	29
	Rubiaceae 1	R			1	1
	Rubiaceae 2	R				1
	Rutaceae	<i>Citrus</i>	R			
Sapindaceae	Rutaceae	R				2
	<i>Cupania</i>	R				6
	Sapindaceae	R				1
	<i>Serjania</i>	R				6
	<i>Talisia</i>	R			1	3

Tabela 1: (Continuação)

Família	Tipo polínico	FO	PD	PA	Pii	Pio
Scrophulariaceae	<i>Angelonia</i>	R			1	
Simaroubaceae	<i>Simarouba</i>	R				7
Smilacaceae	<i>Smilax</i>	R				9
Solanaceae	<i>Solanum</i>	R				3
Turneraceae	<i>Turnera</i>	R				2
Urticaceae	<i>Cecropia</i>	F			7	16
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	R			1	5
Tipos indeterminados		-				20

FO: Frequência de Ocorrência (R, Raro [$< 10\%$]; PF, Pouco frequente [$10\text{--}20\%$]; F, Frequente [$21\text{--}50\%$]; MF, Muito frequente [$> 50\%$]); **PD:** Pólen dominante ($> 45\%$); **PA:** Pólen acessório ($16\text{--}45\%$); **Pii:** Pólen isolado importante ($3\text{--}15\%$); **Pio:** Pólen isolado ocasional ($< 3\%$).

O tipo *Mimosa caesalpiniiifolia* ocorreu em 93,64% das amostras, com frequência variando de 0,10 a 82,20% (amostra 62) (Tabela 2). O tipo *Mimosa tenuiflora* ocorreu como uma importante fonte secundária de recursos tróficos, foi categorizada como pólen acessório em 22 amostras e isolado importante em 30 amostras. Esses tipos polínicos incluem uma grande quantidade de espécies de importância para o Semiárido brasileiro (LIMA et al., 2008). Em outros estudos esses tipos polínicos foram categorizados como muito frequente no espectro polínico de méis de *A. mellifera* provenientes do estado do Piauí (BORGES et al., 2014; 2019; JESUS et al., 2014). As espécies *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, possuem hábito de crescimento arbóreo-arbustivo com ampla distribuição em todo o Semiárido nordestino e com grande importância econômica para a região. Suas flores produzem uma grande quantidade de néctar e pólen, que são visitadas por diversas espécies de abelhas, sendo consideradas espécies chave para apicultura no Semiárido brasileiro (SANTOS et al., 2018).

Os tipos *Caesalpinia* e *Pityrocarpa moniliformis* foram categorizados como pólen dominante em uma amostra cada. O tipo *Caesalpinia* está relacionado com importantes espécies apícolas para o semiárido como: *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz, *Poincianella microphylla* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz e *P. pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz (BORGES e SANTOS, 2015). Enquanto *P. moniliformis* é comumente categorizado como pólen dominante em méis oriundos do Piauí (BARTH, 1989; SODRÉ, 2007; 2008; JESUS et al., 2014; BORGES et al., 2014; 2019).

A família Rubiaceae foi representada por 10 tipos polínicos, destacam-se os tipos: *Borreria verticillata*, (categorizado como pólen dominante em uma amostra), *Borreria latifolia* (pólen acessório em duas amostras), *Mitracarpus* e *Richardia grandiflora* (categorizados como frequentes no conjunto de dados). Adicionalmente, o tipo *Borreria verticillata* foi categorizado como muito frequente no conjunto amostral, ocorrendo em 70,03% das amostras estudadas. Esses tipos polínicos estão relacionados a plantas que fornecem tanto néctar como pólen para as abelhas (MATOS e SANTOS, 2015; SANTOS et al., 2018). O tipo *B. verticillata* é um dos tipos mais citados em trabalhos melissopalínológicos realizados na região Nordeste (SOUZA et al., 2019). As espécies vegetais *Borreria verticillata* (L.) G.Mey. e *Richardia grandiflora* (Cham. & Schltld.) Steud. são espécies prioritárias para a apicultura do Nordeste, são plantas herbáceas que ofertam recursos alimentares para as abelhas em abundância (SANTOS et al., 2018).

Tabela 2: Tipos polínicos classificados como Pólen Dominante (PD) e Acessório (PA) em amostras de mel de *Apis mellifera* provenientes do estado do Piauí. (A: amostra de mel; TT: Total de tipos polínicos na amostra)

A	PD	PA	TT	A	PD	PA	TT
1	---	<i>Tapirira</i> (42,00%), <i>Myrcia</i> 1 (33,10%)	18	23	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (53,40%)	<i>Mimosa pudica</i> (23,40%)	9
2	<i>Caesalpinia</i> (45,50%)	---	27	24	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (52,90%)	<i>Mimosa pudica</i> (27,80%)	8
3	---	<i>Mimosa pudica</i> (34,71%)	16	25	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (52,90%)	---	13
4	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (47,70%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (30,60%)	19	26	---	<i>Mimosa tenuiflora</i> (31,40%), <i>M. caesalpinifolia</i> (28,00%), <i>Borreria verticillata</i> (22,30%)	20
5	---	<i>Spondias</i> (18,12%)	20	27	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (48,40%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (16,20%)	9
6	---	<i>Caesalpinia</i> (28,07%), <i>Piptadenia</i> (21,05%)	18	28	---	<i>Mimosa tenuiflora</i> (18,70%)	27
7	<i>Spondias</i> (66,04%)	---	11	29	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (42,00%), <i>Borreria verticillata</i> (25,50%)	
8	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (25,80%), <i>Mimosa pudica</i> (17,00%)	19	30	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (62,20%)	<i>Mimosa pudica</i> (19,50%)	12
9	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (64,33%)	---	17	31	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (49,00%)	---	27
10	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (52,50%)	<i>Borreria verticillata</i> (32,50%)	5	32	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (61,50%)	<i>Mimosa pudica</i> (19,50%)	21
11	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (64,96%)	---	16	33	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (42,50%), <i>Mimosa pudica</i> (22,90%)	19
12	---	<i>Myrcia multiflora</i> (29,11%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (23,57%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (19,11%)	14	34	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (61,00%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (24,10%)	15
13	---	<i>Mimosa pudica</i> (24,36%), <i>Borreria verticillata</i> (24,36%), <i>Piptadenia</i> (17,31%)	10	35	---	<i>Mimosa pudica</i> (35,60%), <i>Borreria verticillata</i> (20,20%)	12
14	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (43,64%)	7	36	<i>Mimosa pudica</i> (51,10%)	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (22,00%)	16
15	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (78,40%)	---	20	37	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (55,40%)	---	21
16	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (58,00%)	---	19	38	---	<i>Mimosa pudica</i> (36,00%), <i>M. caesalpinifolia</i> (30,00%)	11
17	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (34,20%), <i>Mimosa pudica</i> (20,00%)	17	39	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (29,20%), <i>Mimosa pudica</i> (21,20%), <i>Borreria verticillata</i> (19,40%)	15
18	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (51,40%)	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (40,00%)	10	40	---	<i>Mimosa pudica</i> (42,50%), <i>M. caesalpinifolia</i> (27,50%)	19
19	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (54,00%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (23,00%)	23	41	---	<i>Mimosa pudica</i> (44,50%), <i>M. caesalpinifolia</i> (31,60%)	17
20	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (48,00%)	---	16	42	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (48,20%)	<i>Mimosa pudica</i> (32,90%)	18
21	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (30,50%), <i>M. pudica</i> (22,50%)	28	43	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (59,60%)	<i>Mimosa pudica</i> (32,90%)	12
22	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (60,50%)	---	12	44	---	<i>Borreria verticillata</i> (30,20%), <i>Hyptis</i> (16,20)	17

Tabela 2: (Continuação)

A	PD	PA	TT	A	PD	PA	TT
45	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (33,33%), <i>Borreria verticillata</i> (27,00%), <i>Mimosa pudica</i> (16,67%)	11	67	<i>Eucalyptus</i> 1 (66,60%)	---	22
46	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (33,33%), <i>Mimosa pudica</i> (21,33%), <i>Borreria verticillata</i> (21,00%)	11	68	<i>Eucalyptus</i> 1 (74,00%)	---	17
47	---	<i>Borreria latifolia</i> (31,50%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (21,00%), <i>Mimosa pudica</i> (16,40%)	18	69	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (70,00%)	---	8
48	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (29,60%), <i>Mimosa pudica</i> (19,00%), <i>Borreria verticillata</i> (17,80%)	15	70	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (71,00%)	---	5
49	---	<i>Mimosa pudica</i> (23,20%), <i>Borreria verticillata</i> (21,50%), <i>Hyptis</i> (17,00%)	21	71	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (58,00%)	---	13
50	--	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (28,50%), <i>Mimosa pudica</i> (23,00%)	19	72	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (43,20%)	12
51	---	<i>Borreria verticillata</i> (38,00%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (20,60%), <i>Mimosa pudica</i> (17,20%)	20	73	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (57,60%)	---	19
52	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (34,00%), <i>Mimosa pudica</i> (19,00%)	19	74	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (38,40%), <i>Borreria verticillata</i> (17,00%)	13
53	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (27,50%), <i>Caesalpinia</i> (17,20%)	20	75	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (48,75%)	<i>Hyptis</i> (20,63%), <i>Miconia</i> (19,06%)	6
54	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (69,00%)	---	18	76	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (28,80%), <i>Mitracarpus</i> (17,50%)	16
55	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (80,70%)	---	12	77	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (20,80%), <i>Mitracarpus</i> (18,00%)	22
56	<i>Eucalyptus</i> 1 (85,80%)	---	8	78	---	<i>Borreria verticillata</i> (39,00%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (36,50%)	21
57	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (46,90%)	<i>Scoparia dulcis</i> (17,00%)	23	79	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (36,60%), <i>Borreria verticillata</i> (35,27%)	17
58	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (58,10%)	---	19	80	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (39,00%)	25
59	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (69,10%)	---	14	81	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (66,67%)	---	14
60	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (66,60%)	<i>Mimosa pudica</i> (19,00%)	8	82	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (52,20%)	---	15
61	<i>Eucalyptus</i> 2 (70,00%)	---	11	83	---	<i>Borreria verticillata</i> (35,30%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (28,60%)	17
62	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (82,20%)	---	13	84	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (32,90%), <i>Mimosa pudica</i> (22,00%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (21,00%), <i>Borreria verticillata</i> (18,00%)	11
63	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (62,00%)	---	23	85	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (74,30%)	---	20
64	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (69,20%)	---	17	86	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (62,00%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (24,50%)	21
65	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (26,92%), <i>Tibouchina</i> (18,27%)	11	87	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (43,20%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (24,00%), <i>Mimosa pudica</i> (16,50%)	8
66	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (61,60%)	---	9	88	---	<i>Borreria latifolia</i> (30,40%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (26,30%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (18,80%)	22

Tabela 2: (Continuação)

A	PD	PA	TT
89	---	<i>Borreria verticillata</i> (44,00%), <i>Alternanthera</i> (24,00%)	10
90	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (37,00%), <i>Borreria verticillata</i> (35,60%)	9
91	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (35,40%), <i>Borreria</i> 1 (18,80%)	10
92	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (55,60%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (19,00%)	20
93	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (36,70%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (24,10%)	18
94	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (44,00%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (16,50%)	20
95	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (46,60%)	---	22
96	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (49,60%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (18,80%)	8
97	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (31,00%), <i>Mimosa pudica</i> (20,60%), <i>Spondias</i> (16,40%)	10
98	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (38,50%), <i>Mimosa pudica</i> (16,50%)	13
99	---	<i>Spondias</i> (31,00%), <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (28,70%)	20
100	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (44,20%), <i>Borreria verticillata</i> (18,20%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (18,00%)	21
101	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (47,50%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (19,40%)	14
102	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (47,50%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (18,00%)	12
103	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (40,00%), <i>Borreria verticillata</i> (19,20%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (18,80%)	26
104	<i>Borreria verticillata</i> (56,30%)	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (25,50%)	15
105	---	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (36,50%), <i>Borreria verticillata</i> (22,50%), <i>Mimosa tenuiflora</i> (17,50%)	17
106	---	<i>Mimosa tenuiflora</i> (20,00%), <i>Mimosa pudica</i> (19,40%), <i>Senna</i> 1 (18,80%)	19
107	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> (50,00%)	<i>Mimosa tenuiflora</i> (18,70%)	22

As famílias botânicas Asteraceae e Malvaceae foram representadas por uma grande quantidade de tipos polínicos. Entretanto, a maior parte desses tipos polínicos foi classificado como pólen isolado ocasional. Em amostras de mel de *A. mellifera* oriundas do semiárido do estado do Piauí a maioria dos tipos polínicos pertencentes a essas famílias foi classificada como isolado ocasional (BORGES et al., 2019). Em amostras de mel oriundas do recôncavo da Bahia, as famílias Asteraceae e Malvaceae foram representadas por 10 e 3 tipos polínicos, respectivamente, ocorrendo em grande parte como pólen isolado ou isolado ocasional (NASCIMENTO et al., 2015).

O tipo *Eucalyptus* 1 (Myrtaceae) foi categorizado como pólen dominante em três amostras (56= 85,80%; 67= 66,60 e 68= 74,00%). O tipo *Eucalyptus* 2 foi dominante em uma amostra (61= 70%). *Eucalyptus* apesar de ser um gênero introduzido, é muito utilizado em áreas de monocultura para produção de celulose e em áreas de reflorestamento (BORGES e SANTOS, 2015). Adicionalmente, representam importantes fontes de recursos para as abelhas (MATOS e SANTOS, 2015) e apresentam grande potencial de exploração para a produção de mel (ALMEIDA-ANACLETO et al., 2012).

O tipo *Alternanthera* (Amaranthaceae) foi categorizado como muito frequente no conjunto amostral (84,11%), com frequência variando de 0,20% (amostras 19 e 59) a 24,00 (amostras 89). Esse tipo compreende uma grande quantidade de espécies com morfologia muito similares e difícil diferenciação (BARTH, 1970). No estado do Piauí a *Alternanthera brasiliana* L. é apontada como importância para as abelhas (SOUSA et al., 2015). Em méis de *A. mellifera* produzidas no Recôncavo da Bahia o tipo polínico *Alternanthera brasiliana* foi categorizado como muito frequente no conjunto amostral (NASCIMENTO et al., 2015).

O tipo *Hyptis* ocorreu em 65,42% das amostras estudadas, sendo categorizado como muito frequente. Esse tipo polínico representa uma grande quantidade de espécies vegetais fornecedoras de néctar (BORGES e SANTOS, 2015). No estado do Piauí, espécies relacionadas a esse tipo de importância apícola são: *Hyptis brevipes* Poit. e *H. suaveolens* Poit. (SOUSA et al., 2015).

Parâmetros Físico-químicos

De acordo com o teste F da Análise de variância não houveram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,005$) para os parâmetros físico-químicos umidade, atividade diastásica e HMF entre as amostras de mel coletadas durante a estação chuvosa (janeiro a maio) e seca (junho a dezembro) (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros físico-químicos de méis de *Apis mellifera* provenientes do Piauí, Brasil

Parâmetros	Estação chuvosa	Estação seca	Brasil (2000)*	Codex (2001)*
Umidade (%)	18,20 ±0,54 ^a	18,29 ±0,53 ^a	< 20	< 20
pH	3,79 ±-16 ^a	3,52 ±025 ^b	-	-
Atividade Diastásica (° Göthe)	16,94 ±4,09 ^a	24,34 ±18,23 ^a	> 8 ou 3	> 8 ou 3
HMF (mg Kg ⁻¹)	18,20 ±0,54 ^a	24,83 ±31,95 ^a	< 60	< 40

Médias com letras diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); * Valores de referência, não estão inclusos na análise estatística.

Para a variável pH houve diferença estatística com méis um pouco mais ácidos durante a estação seca, visto que apresentaram a menor média ($3,52 \pm 0,25$) (Tabela 3). Entretanto, todas amostras analisadas são ácidas, com pH médio $3,60 \pm 0,25$ (variando entre 2,81 a 4,18). O pH é um importante parâmetro durante a colheita e armazenamento do mel, pois tem influência direta na textura, estabilidade e vida de prateleira do mel (BOUSSAID et al., 2014), visto que valores baixos deste parâmetro é um dos fatores responsáveis pela inibição de microrganismos (TERRAB et al., 2004).

O teor de umidade das 107 amostras estudadas variou de 16,77 a 19,29 %. (Valor médio de $18,27 \pm 0,52$). Todas as amostras apresentaram teores de umidade de acordo com os limites estabelecidos pela legislação nacional e internacional (CODEX, 2001; BRASIL, 2000). Esses valores indicam que os méis foram colhidos em uma época apropriada e com bom grau de maturidade. A pequena variação entre os valores de umidade, indicam que os apicultores possuem um manejo de colheita similar. Esses valores ficaram próximos aos observados em outros estudos no estado do Piauí (SODRÉ et al., 2007b; PIRES et al., 2015). Além de indicar o grau de maturidade do mel colhido o teor de umidade é um importante parâmetro para descrever a viscosidade do mel (FÉAS et al., 2010).

Das 107 amostras analisadas 96,26% encontraram-se em conformidade com a legislação vigente para atividade diastásica (BRASIL, 2000; CODEX, 2001). Os valores de atividade diastásica variaram de 1,44 a 96,68, com valor médio de $22,17 \pm 11,92$. Amostras de mel da região de Picos, estudadas anteriormente tiveram valor de atividade diastásica médio de 8,24 (variando de 5,30 a 17,70) na escala Göthe (SODRÉ et al., 2011), valor médio inferior ao do presente estudo. Os mesmos autores verificaram que 51,43% das amostras estudadas tiveram valores de diástase inferiores ao permitido pela legislação. Em amostras oriundas da região oeste do estado do Paraná 13% das amostras apresentou valores abaixo de 8 na escala Göthe (com média de $11,62 \pm 0,64$) (CHAMBÓ et al., 2018). Os valores de atividade diastásica e HMF são determinantes para avaliar o frescor e superaquecimento do mel (FÉAS et al., 2010).

Em relação ao conteúdo de HMF, o valor médio foi de $23,68 \pm 30,88 \text{ mg Kg}^{-1}$. Ocorreu uma grande variação no conteúdo de HMF entre as amostras (mínimo de 0,15 e máximo de $192,21 \text{ mg Kg}^{-1}$). Das 107 amostras 6,54% apresentaram valores de

HMF acima dos 60 mg Kg⁻¹ determinado pela legislação brasileira (amostras: 48, 92, 94, 95, 96, 99, 107). Estas amostras foram colhidas entre os meses de setembro e dezembro (estação seca). Possivelmente estes méis foram mal acondicionados e/ou foram expostos a altas temperaturas. Em amostras de mel oriundas do estado do Piauí também Sodré et al. (2011) verificou ampla variação quanto ao conteúdo de HMF (1,50 a 115,20 mg Kg⁻¹).

Para méis de alta qualidade espera-se que apresentem alta atividade diastásica e baixo conteúdo de HMF (CHAMBÓ et al. 2018), de acordo com esse pressuposto, aproximadamente 75% das amostras apresentaram HMF com até 25 mg Kg⁻¹ e atividade diastásica acima de 10° Göthe e poderiam ser consideradas como de alta qualidade.

Méis com baixo conteúdo enzimático são permitidos desde que, a atividade diastásica seja pelo menos de 3 na escala Göthe e o teor de HMF inferior a 15 mg kg⁻¹ (CODEX, 2001), como observado em amostras de *A. mellifera* colhidas no estado do Rio Grande do Sul (NASCIMENTO et al., 2018). Entretanto, no presente estudo as quatro amostras (94, 95, 96, 107) com valor abaixo do permitido para diástase apresentaram altos valores de HMF, indicando que essas amostras estão fora dos padrões de qualidade e podem ter sido armazenadas em locais inadequados ou passaram por algum processo de superaquecimento.

No presente estudo, as amostras variaram quanto a cor de extra branco ao âmbar claro, com predominância do âmbar claro (67, 29% das amostras), seguido de extra âmbar claro (24,30%) (Figura 2). A legislação brasileira para méis estabelece que a cor do mel pode variar de branco-água à âmbar escuro (BRASIL, 2000). Os méis brasileiros mais exportados e aceitos comercialmente pelo mercado internacional são claros, variando entre o extra branco e o extra âmbar claro (JESUS et al., 2014). Os méis estudados foram predominantemente claros, com exceção de seis amostras (5,61%) que foram classificadas como de cor âmbar. A predominância de méis âmbar claro foi reportada em outros estudos realizados no estado do Piauí (MOURA et al., 2014; PIRES et al., 2015).

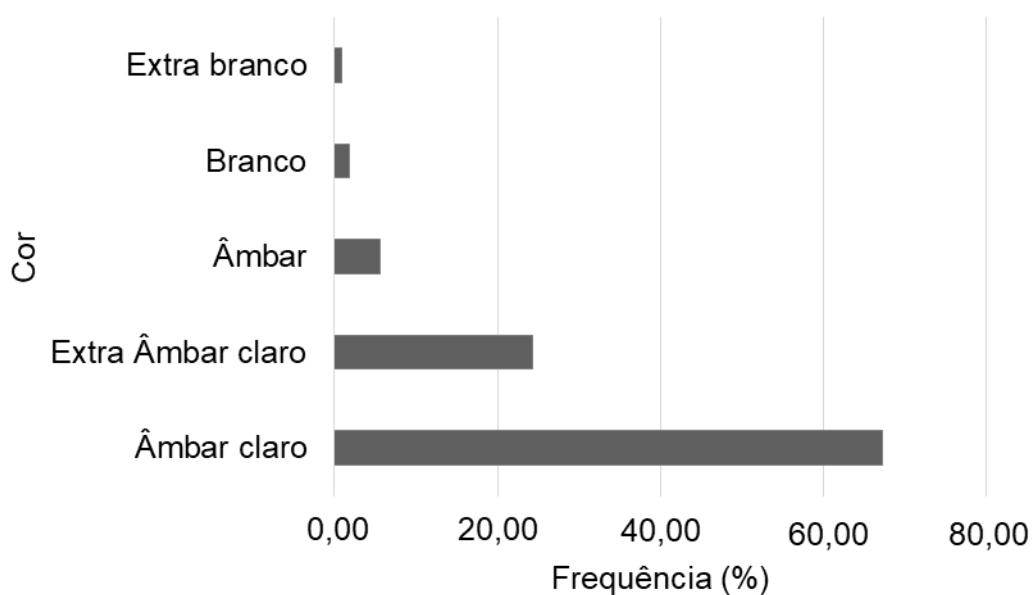


Figura 2: Classificação dos méis de *Apis mellifera* L. oriundos do Piauí quanto a cor

Variabilidade nos méis

Na ordenação das amostras de mel estudadas com a utilização do PCA, os três primeiros componentes foram responsáveis por explicar 71,87% da variabilidade total (Figura 3). O primeiro componente explicou 42,33% e ordenou as amostras de acordo com o conteúdo do HMF, distribuindo à direita do plano as amostras que apresentaram altos valores para esse parâmetro (amostras 107, 96, 95 e 94). Esse componente também ordenou no extremo negativo as amostras com menores valores para diástase. A maior parte das amostras coletadas durante a estação chuvosa se concentraram no eixo negativo do PC1, indicando que essas amostras tiveram menores valores de HMF.

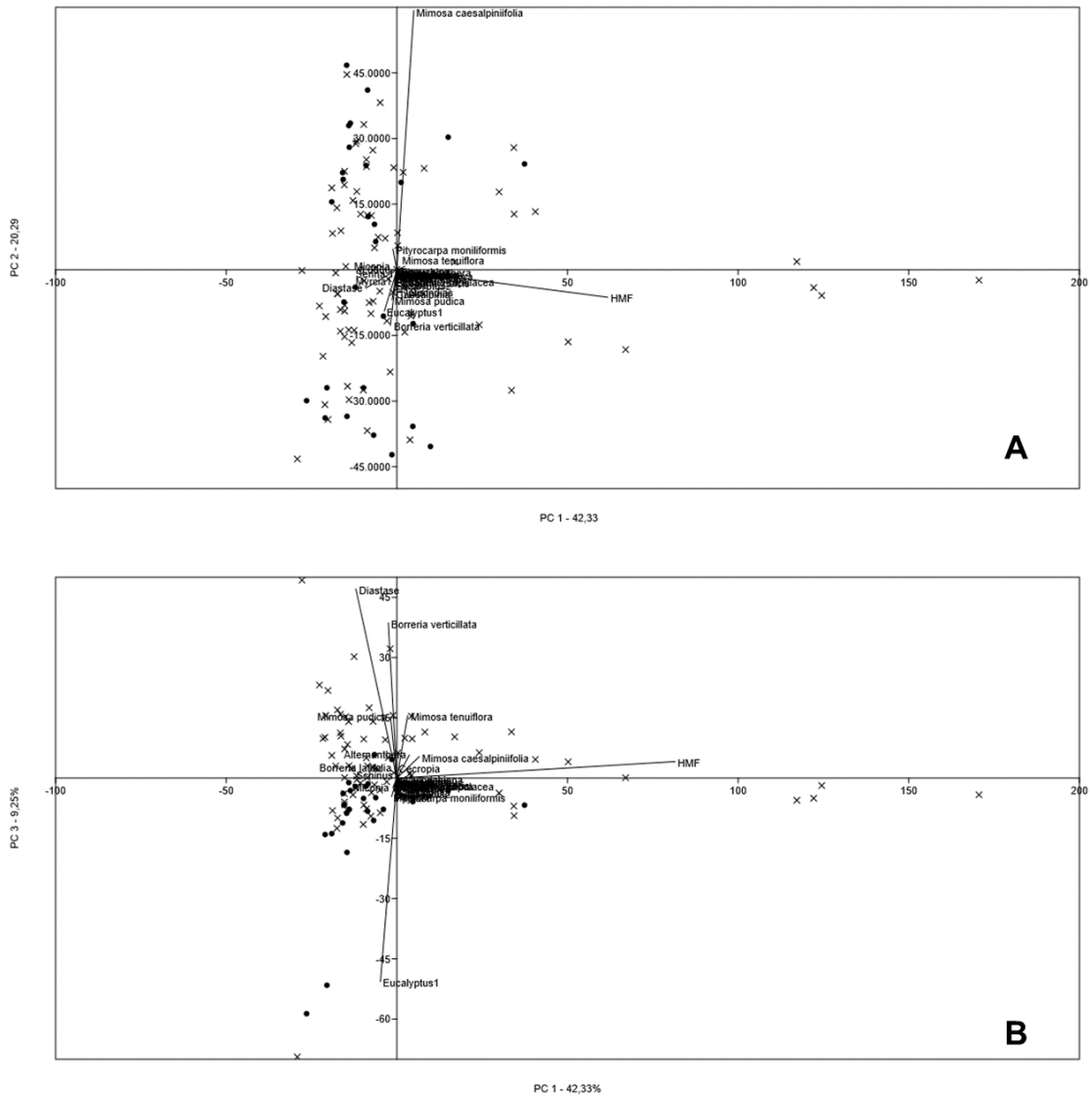


Figura 3: Ordenação dos dados referentes aos parâmetros físico-químicos e de tipos polínicos no plano dos três primeiros componentes principais. A= PC1 e PC2; B= PC1 e PC3 (× amostras coletadas na estação seca; • amostras coletadas na estação chuvosa).

O segundo componente, explicou 20,29% da variabilidade e distribuiu as amostras de acordo com a abundância do tipo *Mimosa caesalpinifolia*, ordenando as amostras com maiores frequências desse tipo no extremo positivo do segundo eixo (62= 82,2%, 55= 80, 7%, 11= 78,4%, 85=74,4%). No extremo no negativo do PC2, se encontram as amostras que com baixa frequência ou ausência do tipo *M. caesalpinifolia*, o que contribuiu para evidenciar a contribuição de outros tipos que

foram dominantes como *Caesalpinia* (dominante na amostra 2), *Eucalyptus* (amostras 56 e 67), *Spondias* (7) e *Tapirira* (1). Observa-se uma grande quantidade de amostras distribuídas ao longo do plano que não foram uniformemente caracterizadas por um componente específico. O terceiro componente explicou 9,25 % da variabilidade, e ordenou as amostras de acordo com a atividade diastásica e a frequência dos tipos polínicos *Borreria verticillata*, *Mimosa pudica* e *Mimosa tenuiflora* (Figura 3B). O terceiro componente ordenou no extremo negativo as amostras que tiveram o tipo *Eucalyptus* 1 como dominante.

CONCLUSÃO

Fabaceae é a família botânica mais importante para a produção de méis neste Estado, enquanto que as espécies vegetais relacionadas aos tipos polínicos *Alternanthera* (Amaranthaceae), *Borreria verticillata* (Rubiaceae), *Hyptis* (Lamiaceae), *Mimosa caesalpinifolia* (Fabaceae), *M. pudica* (Fabaceae) e *M. tenuiflora* (Fabaceae) se destacam como importantes fontes de recursos para a produção e manutenção das colônias de *Apis mellifera* na região estudada.

O estado do Piauí, produz mel de boa qualidade, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, baseado nos parâmetros físico-químicos: umidade, pH, atividade diastásica e HMF. Aproximadamente 94% das amostras analisada estão dentro dos limites de qualidade definidos pelas legislações internacional e brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEMEL – Associação Brasileira de Exportadores de Mel. Setor apícola brasileiro em números. Disponível em: < <https://brazilltsbee.com.br/>>. Acessado em: 15 de janeiro de 2019.

ALMEIDA-ANACLETO, D.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C.; SOUZA, V.C. Plants used by bees as pollen sources in the brazilian “Cerrado. **Sociobiology**, v. 59, p. 1483-1493, 2012.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL COUNCIL). **Official methods of Analysis**. 2.ed. Washington: AOAC, 1990. 1018p.

BARTH, O.M. Análise microscópica de algumas amostras de mel: 3 – Pólen isolado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 42, n. 4, p. 747-772, 1970.

BARTH, O.M. **O pólen no mel brasileiro**. Rio de Janeiro: Luxor, 1989. 226p.

BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 324-350, 2004.

BOSCO, L.B.; LUZ, C.F.P. Pollen analysis of Atlantic forest honey from the Vale do Ribeira Region, state of São Paulo, Brazil. **Grana**, v. 57, p. 1-14, 2017. doi: 10.1080/00173134.2017.1319414.

BORGES, R.L.; JESUS, M.C.; CAMARGO, R.C.R.; SANTOS, F.A.R. Pollen content of marmeleiro (*Croton* spp., Euphorbiaceae) honey from Piauí State, Brazil. **Palynology**, v. 38, n. 2, p. 179-194, 2014.

BORGES, R.L.B.; SANTOS, F.A.R. Tipos polínicos de *Apis mellifera* L. do Semiárido. In: SANTOS, F.A.R.; CARNEIRO, C.E. (Orgs.) **De Melli Semiáridi**: analisando o mel nordestino. Salvador: EDUFBA, 2015. 207p.

BORGES, R.L.B.; JESUS, M.C.; CAMARGO, R.C.R.; SANTOS, F. A.R. Pollen types in honey produced in Caatinga vegetation, Brazil. **Palynology**, v. 43, p. 1–17, 2019. doi: 10.1080/01916122.2019.1617208.

BOUSSAID, A.; CHOUAIBI, M.; REZIG, L.; HELLAL, R.; DONSI, F.; FERRARI, G., HAMDY, S. Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 07, p. 1-10, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução normativa n. 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial**, Brasília, p. 16-17, 20 out. 2000. Seção I.

BURIL, M.T.; SANTOS, F.A.R.; ALVES, M. Diversidade polínica das Mimosoideae (Leguminosae) ocorrentes em uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasílica** (Press), v.24, p.53–64, 2010.

CASTRO, A.A.J.F. Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publicações avulsas em conservação de ecossistemas**, v.18, p.1-28, 2007.

CHAMBÓ, E.D.; GARCIA, R.C.; CUNHA, F.; CARVALHO, C.A.L.; OLIVEIRA, D.J.; CALDAS, M.J.M.; SILVA, N.L.S.; RONQUI, L.; SILVA JÚNIOR, C.; SANTOS, P.R.; TOLEDO, V.A.A. Development of Beekeeping: An Analysis Using the Technique of Principal Components. **Insect Science-Diversity, Conservation and Nutrition**. 1ed.London: InTech, 2018, v. 4, p. 61-73.

CODEX ALIMENTARIUS. (2001) Revised codex standard for honey, 24th Session of the Codex Alimentarius. Disponível em: <http://www.fao.org/input/download/standards/310/cxs_012e.pdf>. Acessado em: 20 de abril de 2019. 2001.

ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, Stockholm, v.39, p.561-564, 1960.

FÉAS, X.; PIRES, J.; ESTEVINHO, M.L.; IGLESIAS, A.; ARAÚJO, J.P.P. Palynological and physicochemical data characterisation of honeys produced in the Entre-Douro e Minho region of Portugal. **International of Food Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 1255-1263, 2010.

FELLER-DEMALSY, M.J.; PARENT, J.; STRACHAN, A.A. Microscopic analysis of honey from Alberta, Canada. **Journal of Apicultural Research**, v. 26, n. 2, p. 123-132, 1987. doi: 10.1080/00218839.1987.11100748.

FREITAS, B.M.; SILVA, E.M.S. Potencial apícola da vegetação do semiárido brasileiro. In: SANTOS, F.A.R. (ed.). **Apium plantae**. Recife: IMSEAR. p. 19-32, 2006.

HAMMER, O., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. **PAST**: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontology Electronica*, n. 4, p. 1–9, 2001.

HERRERO, B.; VALENCIA-BARRERA, R.M.; SAN-MARTÍN, R.; PANDO, V. Characterization of honeys by melissopalynology and statistical analysis. *Can. Canadian Journal of Plant Science*, v. 82, p. 75–82, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Vol. 41. Rio de Janeiro: IBGE, 2013 108 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Vol. 45. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acessado em: 20 de Dezembro de 2018.

JESUS, M.C.; BORGES, R.L.B.; SOUZA, B.A.; BRANDÃO, H.N.; SANTOS, F.A.R. A study of pollen from light honeys produced in Piauí State, Brazil. **Palynology**, v. 38, p. 1-16, 2014.

JONES, G.D., BRYANT Jr, V.M. The use of ETOH for the dilution of honey. **Grana**, v. 43, p. 174–182, 2004.

JONES, G.D.; BRYANT, V.M. Jr. Melissopalynology. In: Jansonius J, McGregor DC, eds. 28 **Palynology, principles and applications**. Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation. p. 933–938, 1996.

LIMA, L.C.L.; SILVA, F.H.M.; SANTOS, F.A.R.; Palinologia de espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae – Mimosoidae) do Semi-árido brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 794-805, 2008.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. *Bee World*, **Gerrards Cross**, v.59, n.4, p.139-157, 1978.

MATOS, V.R.; SANTOS, F.A.R. Pollen in honey of *Melipona scutellaris* L. (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic rainforest area in Bahia, Brazil. **Palynology**, v. 40, p. 1-35, 2015.

MODRO, A. F. H.; MESSAGE, D.; LUZ, C. F. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; Flora de importância polinífera para *Apis mellifera* (L.) na Região de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p. 1145-1153, 2011.

MORAIS, M.M.; DE JONG, D.; MESSAGE, D.; GONÇALVES, L.S. Perspectivas e desafios para o uso das abelhas *Apis mellifera* como polinizadores no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., CANHOS, D.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (org). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo, EDUSP, 45, 2012, p. 203-212.

MOURA, S.G.; MURATORI, M.C.S.; MONTE, A.M.; CARNEIRO, R.M.; SOUZA, D.C.; MOURA, J.Z. Qualidade do mel de *Apis mellifera* L. relacionadas às boas práticas apícolas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 15, n. 3, p. 731-739, 2014.

NASCIMENTO, A.S.; CARVALO, C.A.L.; SODRE, G.S. The Pollen Spectrum of *Apis mellifera* Honey from Recôncavo of Bahia, Brazil. **Journal of Scientific Research & Reports**, v. 6, n. 6, p. 426-438, 2015.

NASCIMENTO, K.S.; SATTTLER, J.A.G.; MACEDO, L.F.L.; GONZÁLEZ, C.U.S.; MELO, I.L.P.; ARAÚJO, E.S.; GRANATO, D.; SATTTLER, A.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B. Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian *Apis mellifera* honeys. **Food Science and Technology**, v. 91, p. 85-94, 2018.

NOOR, M.J.; AHMAD, M.; ASHRAF, M.A.; ZAFAR, M.; SULTANA, S. A review of the pollen analysis of South Asian honey to identify the bee floras of the region. **Palynology**, London, v. 39, n.1, p. 1-2, 2015.

OLIVEIRA, P.P.; SANTOS, F.A.R.; **Prospecção Palinológica em Méis da Bahia**. Feira de Santana: Print Mídia, 2014. 120p.

PIRES, R.M.C.; MOURA, S.G.; CARDOSO FILHO, F.C.; MONTE, A.M.M.; PIRES, L.F.; LOREZON, M.C.A.; BARROS, R.O.; PEREIRA, M.M.G.; MURATON, M.C.S. Evaluation of hygienic sanitary quality of honey from *Apis mellifera* L. obtained in semi-arid region of Piauí, Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 09, p. 1806-1813, 2015.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. 2018.

ROUBIK, D.W.; MORENO, P.J.E. **Pollen and spores of Barro Colorado Island**. St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1991.

ROUBIK, D.W.; MORENO, J.E. A pollen atlas of cultivated plants. *In*: ROUBIK, D.W. (Ed.) **The Pollination of Cultivated Plants** – a compendium for practitioners, FAO: Roma, v. 2, 2018, p. 185-213.

SANTOS, F.A.R.; KIILL, L.H.P.; CARNEIRO-TORRES, D.S.; LIMA, L.C.L.; SILVA, T.M.S.; NOVAIS, J.S.; DÓREA, M.C.; CARNEIRO, C.M.; CORREIA, M. C. N. Grupos de Uso e as Espécies Prioritárias - Espécies melíferas. *In*: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F.G.C. (Org.). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro: Região Nordeste**. 1ed.Brasília: MMA, 2018, p. 969-1010.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; CARVALHO, C.A.L.; MORETI, A.C.C. Pollen analysis in honey from two main producing regions in the Brazilian northeast. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 3, p. 381-388, 2007a.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C.; OTSUK, I.P.; CARVALHO, C.A.L. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1139-1144, 2007b.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C.; CARVALHO, C.A.L. Tipos polínicos encontrados em amostras de méis de *Apis mellifera* em Picos, Estado do Piauí. **Ciência Rural**, v. 38, n.3, p.839-842, 2008.

SODRÉ, G.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C.; OTSUK, I.P.; CARVALHO, C.A.L. Physico-chemical characteristics of honey produced by *Apis mellifera* in the Picos region, state of Piauí, Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 08, p. 1837-1843, 2011.

SOUSA, G.M.; VIEIRA, F.J.; OLIVEIRA, L.S.D.; SOARES, S.M.N.A.; BARROS, R.F.M. Espécies apícolas e melitófilas da flora do estado do Piauí. *In*: SANTOS, F.A.R.; CARNEIRO, C.E. (Orgs.) **De Melli Semiaridi**: analisando o mel nordestino. Salvador: EDUFBA, 2015. 207p.

SOUZA, R.R.; ABREU, V.H.R.; NOVAIS, J.S.M. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. **Palynology**, v. 43, p. 1-11, 2019.

TERRAB, A.; RECAMALES, A.F.; HERNANZ, D.; HEREDIA, F.J. Characterization of Spanish Thyme Honeys by Their Physicochemical Characteristics and Mineral Contents. **Food Chemistry**, v. 88, n. 4, p. 537-542, 2004. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.068.

VILHENA, A. M. G. F.; RABELO, L. S.; BASTOS, E.M.A.F.; AUGUSTO, S. C. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. **Apidologie**, v.43, n. 1, p. 51-62, 2011.

WARUI, M.W.; HANSTED, L.; GIKUNGU, M.; MBURU, J.; KIRONCHI, G.; BOSSELMANN, A.S. Characterization of Kenyan honeys on their physicochemical properties, botanical and geographical origin. **International Journal of Food Science**, v. 2019, p.1-10, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da criação racional de abelhas requer um aprofundamento do conhecimento a respeito dos recursos tróficos usados pelas abelhas. Assim, este estudo fornece dados essenciais sobre as espécies vegetais que são importantes para a manutenção de populações de abelhas manejadas racionalmente e para produção de mel. Considerando o desenvolvimento da criação de abelhas, principalmente a apicultura, no estado do Piauí o presente trabalho fornece informações relevantes para futuros programas de manejo de pastagens relacionados à essa atividade, incluindo as abelhas nativas, que ainda são pouco exploradas no estado.

O espectro polínico das amostras de mel estudadas confirmam o comportamento generalista das espécies de abelhas estudadas e a diversidade da flora utilizada por elas como fontes de recursos tróficos nos ambientes estudados. Destaca-se a ocorrência de tipos polínicos das famílias botânicas Fabaceae, Myrtaceae e Melastomataceae, para a manutenção de colônias de abelhas sociais sem ferrão, e da contribuição de espécies vegetais relacionadas a tipos polínicos de Fabaceae, Amaranthaceae, Rubiaceae e Lamiaceae para a composição de méis de *Apis mellifera* produzidos no Estado do Piauí.

A melissopalínologia é uma ferramenta indispensável para compreender a interação entre as abelhas e as espécies vegetais que proveem recursos. Adicionalmente, contribui para agregar valor aos produtos apícolas pela determinação da origem floral e/ou geográfica desses produtos. Entretanto, é necessário aumentar o número de especialistas na área, para que se consiga otimizar a identificação dos grãos de pólen e se obter maior precisão nas avaliações. Assim como, faz-se necessário o aumento no número de catálogos polínicos, inventários palinológicos e palinotecas de referência em todo o Brasil.