

# Diversidade de abelhas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) em floresta ombrófila mista em Santa Catarina, Brasil

*Diversity of wild bees (Hymenoptera: Apoidea) in araucaria forest in Santa Catarina State, Brazil*

Vivian Oliveira de **MIRA**<sup>1,2</sup> & Denise Monique Dubet da Silva **MOUGA**<sup>1</sup>

## RESUMO

Em floresta ombrófila mista (FOM), a apifauna silvestre é relevante em diversidade. Visando conhecer a apifauna de Rio Negrinho (SC), realizou-se um levantamento das espécies de abelhas e suas fontes florais em FOM. O estudo ocorreu em duas áreas rurais: área I (Fazenda Velha), com cultivos, pastagens, reflorestamentos, matas ciliares e fragmentos de FOM nativa, e área II (Mosteiro Trapista), com área verde de entorno. As abelhas foram coletadas com redes entomológicas e pratos armadilhas. As plantas associadas às abelhas foram fotografadas e coletadas. Todos os materiais foram processados para preservação e identificação. As coletas ocorreram de agosto de 2018 a julho de 2019. Amostraram-se 983 indivíduos de 72 táxons de abelhas e 55 espécies de plantas (48 gêneros e 30 famílias). O índice de diversidade de Shannon-Wiener resultou em 1,43 (área I) e 1,95 (área II). A dominância de Simpson (1-D) resultou em 0,62 (área I) e 0,69 (área II). A equabilidade de Pielou resultou em 0,41 (área I) e 0,49 (área II). As curvas de acumulação de espécies não se estabilizaram para nenhuma das duas áreas. Os estimadores de riqueza Jackknife 1 e 2, Bootstrap e Chao 2 indicam riqueza maior do que a amostrada. As redes de interações evidenciaram 472 interações para a área I e 342 para a área II. O conhecimento sobre a apifauna e as plantas melíferas da região oferece informações concretas para a conservação e a recuperação de ecossistemas de floresta ombrófila mista.

**Palavras-chave:** apifauna; estudo de comunidades; mata com araucária.

## ABSTRACT

In araucaria forest (FOM), wild apifauna is relevant in diversity. Aiming to know the apifauna of Rio Negrinho, SC, a survey of bee species and their floral sources in FOM was carried out. The study took place in two rural areas: Area I (Old Farm) with crops, pastures, reforestation, riparian forests and fragments of native FOM and Area II (Trappist Monastery) with the surrounding green area. The bees were collected with entomological nets and pan traps. The plants associated with the bees were photographed and collected. All materials were processed for preservation and identification. Sampling took place from August 2018 to July 2019. We sampled 983 individuals from 72 bee taxa and 55 species of plants (48 genera and 30 families). Shannon-Wiener diversity index resulted in 1.43 (area I) and 1.95 (area II). Simpson's dominance (1-D) resulted in 0.62 (area I) and 0.69 (area II). Pielou equability resulted in 0.41 (area I) and 0.49 (area II). The species accumulation curves have not stabilized for any of the regions. The richness estimators Jackknife 1 and 2, Bootstrap and Chao 2 indicate a greater richness than that was sampled. The networks of interactions showed 472 interactions for area I and 342 for area II. Knowledge about the apifauna and the bee plants of the region offers concrete knowledge for the conservation and the restoration of ecosystems of araucaria forest.

**Keywords:** apifauna; araucaria forest; community study.

Recebido em: 30 dez. 2019

Aceito em: 22 jun. 2020

<sup>1</sup> Universidade da Região de Joinville (Univille), Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Abelhas (Label), Rua Paulo Malschitzki, n.º 10, Zona Industrial Norte – CEP 89219-710, Joinville, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Autor para correspondência: vivianolivermira@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

A floresta com araucária, também conhecida e classificada como floresta ombrófila mista (FOM) ou mata de araucária, é uma fitofisionomia importante para o país, do ponto de vista tanto ecológico como econômico, pois apresenta muitas peculiaridades. Constitui-se em vegetação típica do planalto meridional, onde ocorre com maior frequência (IBGE, 1992; MEDEIROS, 2002).

A floresta ombrófila mista encontra-se fragmentada em parte significativa, distribuída em remanescentes isolados e bastante degradados, por conta da intensa exploração dos fragmentos remanescentes (VIBRANS *et al.*, 2011). Sabe-se que a fragmentação acarreta diferentes consequências, tais como a redução do número de visitas às plantas por insetos polinizadores (FISHER, 1998; KEARNS *et al.*, 1998), o que pode provocar a baixa produção de frutos e sementes nas plantas agrícolas adjacentes, com consequências econômicas generalizadas. A reprodução de plantas nativas também pode ser afetada, causando extinções locais de populações vegetais, bem como dos animais dependentes delas (PINHEIRO-MACHADO & SILVEIRA, 2006).

As populações de abelhas silvestres têm sido reduzidas drasticamente, em razão da eliminação de suas fontes de alimento e locais de nidificação, pela ocupação intensiva da terra para agricultura e urbanização e pela intoxicação com pesticidas (KEVAN, 1999). A redução das populações de abelhas pode levar à diminuição da produção de frutos e sementes de plantas cultivadas e nativas. Mesmo em áreas preservadas, a influência antrópica é causa de alterações ambientais que colocam em risco as populações locais de abelhas, e, com isso, as plantas por elas polinizadas são afetadas.

A região norte do estado tem sido estudada em termos de apifauna, em um direcionamento leste-oeste, ao longo da divisa com o estado do Paraná, tendo sido amostrados os municípios de Garuva, Maфра, São Bento do Sul e Porto União por Orth (1983), Ortolan & Laroca (1996), Krug & Alves-dos-Santos (2008), Mougá *et al.* (2016), Mougá *et al.* (2018), Liebl *et al.* (2019) e Kloc *et al.* (2019). No município de Rio Negrinho, não há estudos sobre a diversidade de abelhas silvestres. Assim, o presente trabalho teve como objetivos realizar o levantamento de abelhas silvestres, verificando o número total de espécies dos períodos de primavera/verão e outono/inverno em duas localidades em Rio Preto (área rural), no município de Rio Negrinho (SC), e comparar a riqueza de espécies de abelhas obtida com outros habitats de FOM.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

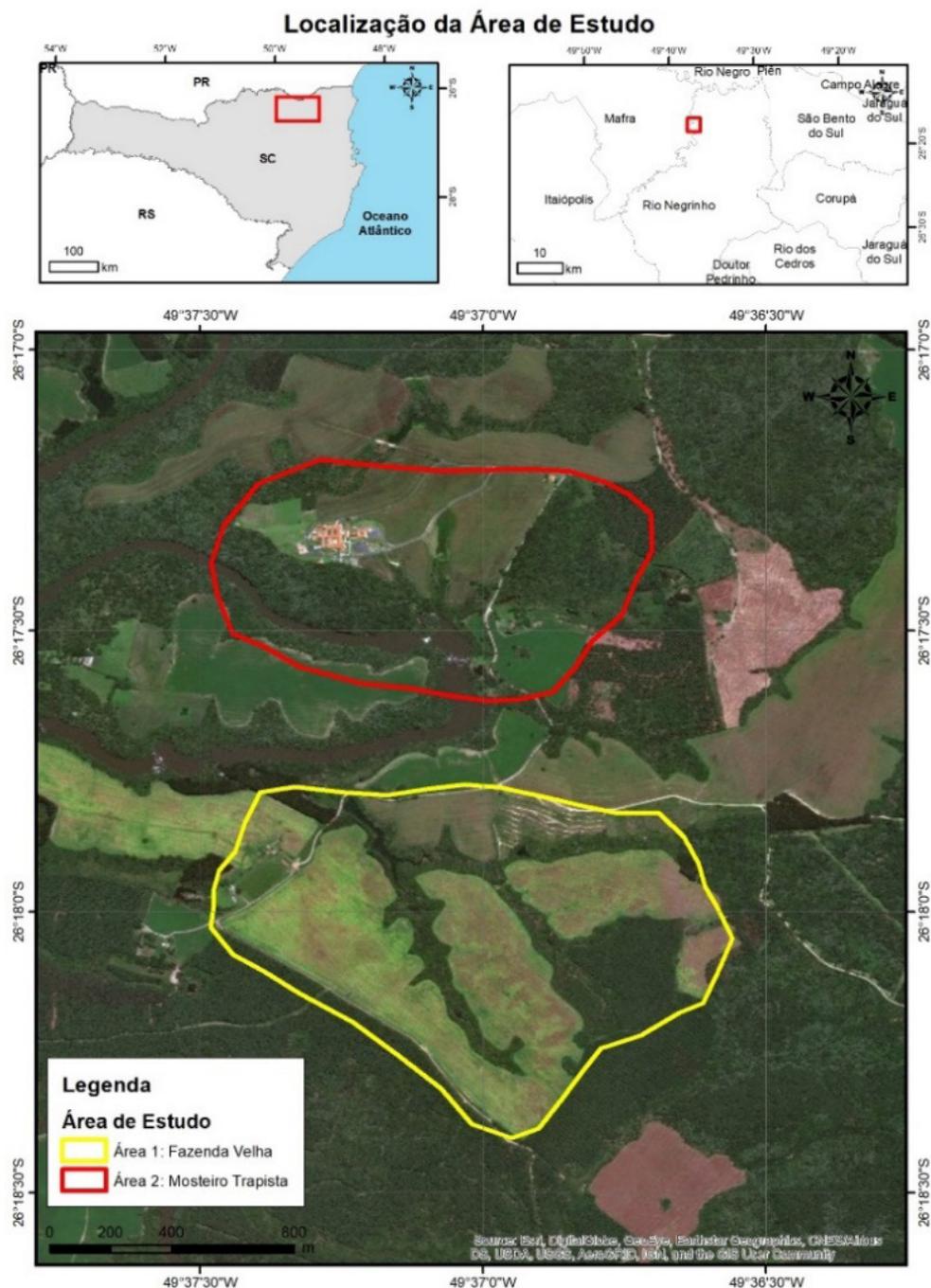
O estudo foi desenvolvido no município de Rio Negrinho, localizado no estado de Santa Catarina (figura 1), na latitude 26°15'16" sul e longitude 49°31'06" oeste, com altitude de 790 metros. Sua população é de 41.380 habitantes em 2014 (IBGE, 2015). O clima, segundo Koeppen, é Cfb, temperado, mesotérmico úmido, com invernos gelados, sem estação seca e com verões frescos. A precipitação média anual é de 1.406 mm. Inclui as bacias hidrográficas dos rios Negro, Preto, Negrinho, do Salto, Corredeiras, Bituva, dos Bugres e Serrinha. A formação vegetal é floresta ombrófila mista (FOM).

Em Rio Negrinho, na localidade de Rio Preto, estão situadas as duas áreas de estudo (área I e área II). A área I está localizada na Fazenda Velha (figura 1), situada a 23 km do centro da cidade, com 425.000 m<sup>2</sup>, instalada desde 1900, que inclui cultivos de soja e aveia, pastagens, plantios de *Pinus* e eucalipto, matas ciliares e fragmentos de FOM nativa. A área II situa-se no entorno do Mosteiro Trapista Nossa Senhora da Boa Vista (figura 1), a cerca de 10 km da cidade. Essa área era propriedade rural até 2010, tendo sido iniciada a construção do mosteiro em 2011, o qual ficou pronto no final de 2016. Ambas as áreas de estudo apresentam atividade agrícola; a da área I possui maior expressão, por se tratar de uma fazenda de cultivo, a qual tem como principal atividade a agricultura e também pastagens, contendo fragmentos de FOM nativa entre os locais utilizados em atividade rural. A área II possui remanescentes de FOM nativa relativamente preservados, mas

comporta também plantações de milho, soja e aveia e criação de caprinos; há atividade em menor intensidade em relação à área I, mas não menos expressiva, pois se utilizam diversos tipos de agrotóxicos e fertilizantes químicos nas fases ativas.

## METODOLOGIA

As amostragens foram realizadas mensalmente nas duas áreas definidas, durante 12 meses, no período entre agosto de 2018 e julho de 2019. O horário das coletas ocorreu das 9 às 16 h (período de maior insolação), em dias com condições meteorológicas favoráveis. Percorreu-se, em cada uma das áreas, uma transecção de aproximadamente 4 km, comprimento que permitia um percurso completo do local. A distância entre a área I e a área II perfaz 300 metros.



**Figura 1** – Localização do município de Rio Negrinho, em Santa Catarina, Brasil, e das áreas de estudo, situadas na localidade de Rio Preto. Fonte: primária.

As abelhas foram procuradas sobre plantas floridas e coletadas com rede entomológica (SAKAGAMI *et al.*, 1967), preparadas com acetato de etila, acondicionadas em frascos plásticos com dados de coleta (data, local, horário e número da planta). As plantas associadas às abelhas foram fotografadas e coletadas. Para a coleta de abelhas também foram utilizados pratos armadilhas (Moericke ou *pantraps*) (SILVEIRA *et al.*, 1993), nas cores amarelo, verde, rosa, azul e branco, sendo três pratos para cada cor citada, no horário das 9 às 16 h.

Os espécimes de abelhas coletados foram preparados e identificados até o nível específico e com a ajuda de especialista (ver Agradecimentos). Para as abelhas, adotaram-se as classificações taxonômicas propostas por Silveira *et al.* (2002). As excisatas do material botânico foram preparadas em triplicidade e identificadas por meio de material bibliográfico (MOREIRA, 2011). Para cada espécime amostrado, anotaram-se o número de identificação, a data, o local e o horário, em ficha de identificação previamente elaborada. Todos os materiais foram processados para preservação e conservados no Laboratório de Abelhas da Univille (Label).

## ANÁLISE DOS DADOS

A apifauna foi caracterizada qualitativa e quantitativamente. Os dados obtidos foram incluídos em banco de dados no Microsoft Excel 2013 (Microsoft Office). Os índices ecológicos de diversidade Shannon-Wiener (H), dominância de Simpson (D) e equabilidade de Pielou (J) (KREBS, 1989) foram calculados em Microsoft Excel 2013 (Microsoft Office). Para a comparação da diversidade local com a de outros levantamentos realizados, calculou-se o índice de similaridade de Sorensen (SO) (MAGURRAN, 2004).

Foram construídas as curvas de acumulação de espécies e, para determinar a suficiência amostral da curva do coletor, foram calculados os estimadores de riqueza Jackknife 1 e Jackknife 2 (COLWELL & CODDINGTON, 1994), Bootstrap (EFRON & MORRIS, 1975) e Chao 2 (CHAO, 1987), utilizando o programa PAST (Paleontological Statistics 3.26, HAMMER *et al.*, 2001) e Microsoft Excel 2013 (Microsoft Office).

Elaboraram-se matrizes (uma para cada área) em que linhas e colunas representam abelhas e plantas associadas às abelhas (JORDANO *et al.*, 2003) e o número de visitas de uma espécie de abelha a uma espécie de planta fica representado por linhas de ligação entre as espécies envolvidas, evidenciando as redes de interação de cada área, constituindo os grafos de interações (BASCOMPTE & JORDANO, 2007). Um valor zero em um elemento da matriz indica que a interação não ocorreu, e valores positivos em um elemento da matriz descrevem a força da interação entre as duas espécies (GUIMARÃES, 2009). Esses grafos foram construídos com *Apis mellifera* e sem *Apis mellifera*, para cada área. Para tal, empregou-se o pacote bipartite do programa R (DORMANN *et al.*, 2008). O mesmo foi utilizado para calcular as métricas da rede: espécies de abelhas (a), espécies de plantas (p), grau médio das abelhas (ka), grau médio das plantas (kp), número total de interações (K), conectância (C), aninhamento (NODF), especialização da rede (H<sup>2</sup>). Para avaliar o grau de aninhamento da rede de interações, selecionaram-se dois índices de aninhamento, entre os existentes: o T (escolhido por ser amplamente utilizado em estudos anteriores) e o índice NODF (selecionado por ser um índice com propriedades estatísticas mais consistentes) (PIGOZZO & VIANA, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### APIFAUNA

Os dados apresentados referem-se ao período de agosto de 2018 a julho de 2019. No período de estudo, realizaram-se nas duas áreas definidas 24 coletas (168 horas de esforço amostral), das quais 12 coletas foram na área I (84 horas de esforço amostral) e 12 na área II (84 horas de esforço amostral). Amostraram-se 983 indivíduos (523 para a área I e 460 para a área II). Nas duas áreas de estudo foram amostrados 72 táxons e 30 gêneros pertencentes a cinco subfamílias – Andreninae, Apinae, Colletinae, Halictinae e Megachilinae –, sendo 34 táxons para a área I e 51 táxons para a área II (tabela 1).

**Tabela 1** – Lista de espécies de abelhas amostradas na localidade Rio Preto. Legenda: Ab = abundância; AI = área I (Fazenda Velha); All = área II (Mosteiro Trapista).

Subfamília	Espécie	Ab	AI	All
Andreninae	<i>Anthrenoides</i> cf. <i>larocai</i> Urban, 2005	2	2	-
	<i>Anthrenoides</i> sp. Ducke, 1907	2	-	2
	<i>Parapsaenythia</i> sp. Friese, 1908	5	5	-
	<i>Psaenythia</i> sp. Gerstaecker, 1868	2	2	-
	<i>Psaenythia</i> cf. <i>bergii</i> Holmberg, 1884	1	1	-
	<i>Psaenythia bergii</i> Holmberg, 1884	4	2	2
Apinae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	489	271	218
	<i>Bombus</i> sp. Latreille, 1802	2	-	2
	<i>Bombus</i> sp. 01 Latreille, 1802-	1	-	1
	<i>Bombus</i> sp. 02 Latreille, 1802	1	-	1
	<i>Bombus</i> sp. 03 Latreille, 1802	1	1	-
	<i>Bombus pauloensis</i> Friese, 1913	28	16	12
	<i>Ceratina</i> ( <i>Ceratinula</i> ) sp. 02 Moure, 1941	1	-	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Ceratinula</i> ) sp. 09 Moure, 1941	3	-	3
	<i>Ceratina</i> ( <i>Ceratinula</i> ) sp. 13 Moure, 1941	4	-	4
	<i>Ceratina</i> ( <i>Ceratinula</i> ) sp. 14 Moure, 1941	1	-	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp.19 Cockerell, 1836	1	-	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 20 Cockerell, 1836	1	-	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Rhysoceratina</i> ) sp. Michener, 2000	1	-	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Rhysoceratina</i> ) sp. 02 Michener, 2000	1	-	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Rhysoceratina</i> ) sp. 05 Michener, 2000	1	1	-
	<i>Ceratina</i> ( <i>Rhysoceratina</i> ) sp. 06 Michener, 2000	2	-	2
	<i>Ceratina</i> ( <i>Rhysoceratina</i> ) sp. 07 Michener, 2000	1	1	-
	<i>Ceratina</i> ( <i>Rhysoceratina</i> ) sp. 08 Michener, 2000	8	-	8
	<i>Chilicola</i> sp. Spinola, 1851	1	-	1
	<i>Exomalopsis</i> sp. Spinola, 1853	1	-	1
	<i>Exomalopsis trifasciata</i> Brèthes, 1910	1	1	-
	<i>Lanthanomelissa betinae</i> Urban, 1995	1	1	-
	<i>Leiopodus</i> sp. Smith, 1854	1	1	-
	<i>Melipona quadrifasciata</i> Lepelletier, 1836	3	-	3
	<i>Nomada</i> sp. Scopoli, 1770	4	1	3
	<i>Paratetrapedia</i> s.str. sp. 01 Moure, 1941	2	-	2
	<i>Paratetrapedia</i> s.str. sp. 02 Moure, 1941	1	1	-
	<i>Plebeia emerina</i> Friese, 1900	14	11	3
	<i>Plebeia remota</i> Holmberg, 1903	3	1	2
	<i>Plebeia saiqui</i> Friese, 1900	2	-	2
<i>Trigona spinipes</i> Fabricius, 1793	299	173	126	
<i>Xylocopa</i> sp. Latreille, 1802	1	1	-	
Colletinae	<i>Colletes</i> cf. <i>rugicollis</i> Friese, 1900	2	-	2
	<i>Sarocolletes</i> sp. Michener, 1989	1	1	-

Continua...>

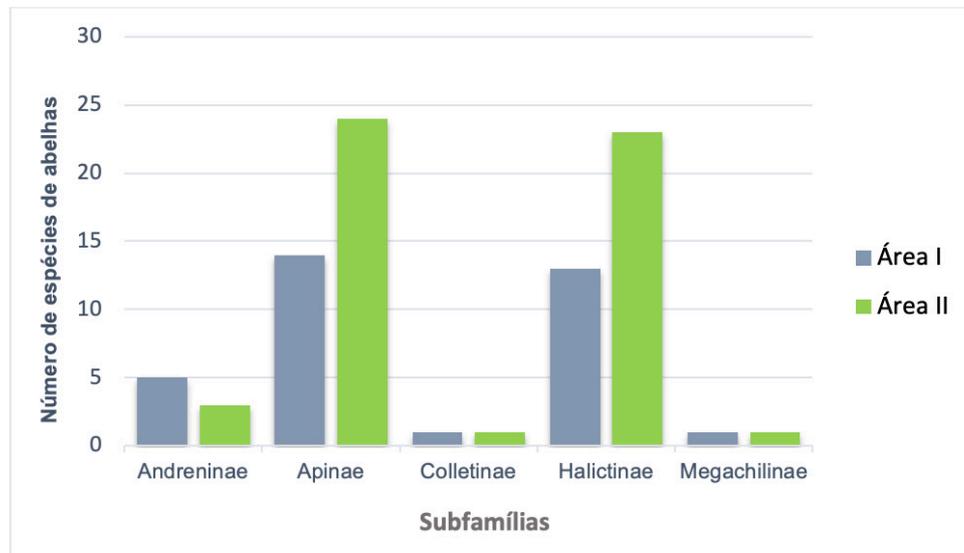
Continuação da Tabela 1

Subfamília	Espécie	Ab	AI	All
Halictinae	<i>Augochlora</i> sp. 01 Smith, 1853	1	1	-
	<i>Augochlora</i> ( <i>Augochlora</i> ) sp. Smith, 1853	11	3	8
	<i>Augochlora</i> (A.) sp. 05 Smith, 1853	7	3	4
	<i>Augochlora</i> (A.) <i>foxiana</i> Cockerell, 1900	1	-	1
	<i>Augochlora</i> ( <i>Oxystoglossella</i> ) sp. Eickwort, 1969	1	-	1
	<i>Augochlora</i> (O.) sp. 07 Eickwort, 1969	1	-	1
	<i>Augochlorella</i> sp. 02 Sandhouse, 1937	2	-	2
	<i>Augochloropsis</i> sp. Cockerell, 1897	3	-	3
	<i>Augochloropsis</i> sp. 03 Cockerell, 1897	4	1	3
	<i>Augochloropsis</i> sp. 07 Cockerell, 1897	1	-	1
	<i>Augochloropsis</i> sp. 19 Cockerell, 1897	3	3	-
	<i>Augochloropsis</i> sp. 33 Cockerell, 1897	1	1	-
	<i>Augochloropsis</i> sp. 34 Cockerell, 1897	1	-	1
	<i>Augochloropsis</i> sp. 35 Cockerell, 1897	1	-	1
	<i>Augochloropsis</i> sp. 36 Cockerell, 1897	1	1	-
	<i>Augochloropsis</i> sp. 37 Cockerell, 1897	1	1	-
	<i>Corynura</i> sp. Spinola, 1851	1	-	1
	<i>Dialictus</i> sp. Robertson, 1897	22	10	12
	<i>Habralictus</i> sp. Moure, 1941	1	-	1
	<i>Neocorynura</i> cf. <i>dilutipes</i> (Vachal, 1904)	2	-	2
	<i>Thectochlora alaris</i> (Vachal, 1904)	1	-	1
	<i>Paroxystoglossa</i> sp. 02 Moure, 1941	2	1	1
	<i>Paroxystoglossa</i> sp. 04 Moure, 1941	1	1	-
	<i>Pseudagapostemon</i> sp. Schrottky, 1909	1	1	-
	<i>Pseudagapostemon</i> sp. 01 Schrottky, 1909	2	-	2
	<i>Pseudagapostemon</i> sp. 02 Schrottky, 1909	1	-	1
	<i>Pseudagapostemon</i> sp. 03 Schrottky, 1909	4	1	3
	<i>Pseudagapostemon</i> cf. <i>hurdi</i> Schrottky, 1912	1	-	1
<i>Sphecodes</i> sp. 01 Latreille, 1804	1	-	1	
<i>Sphecodes</i> sp. 02 Latreille, 1804	1	-	1	
Megachilinae	<i>Megachile</i> sp. Latreille, 1802	1	1	-
	<i>Megachile</i> ( <i>Moureapis</i> ) sp. Raw, 2002	1	-	1
Total	72	983	523	460

As chaves dicotômicas de identificação, ausentes para alguns grupos de abelhas, impossibilitaram a identificação em nível específico de muitos espécimes e, sendo assim, estes foram colocados como morfoespécies.

A riqueza da apifauna amostrada apresenta-se, decrescentemente, como: Apinae > Halictinae > Andreninae > Colletinae > Megachilinae. Para ambas as áreas, Apinae apresentou a maior abundância, com 881 indivíduos (89,62%), seguida de Halictinae, com 81 indivíduos (8,24%), Andreninae, com 16 indivíduos (1,62%), Colletinae, com 3 indivíduos (0,30%), e Megachilinae, com 2 indivíduos (0,20%).

Com relação ao número de táxons, foram amostrados para a área I Apinae (14 espécies), Halictinae (13), Andreninae (5), Colletinae (1) e Megachilinae (1). Para a área II foram Apinae (24), Halictinae (23), Andreninae (2), Colletinae (1) e Megachilinae (1) (figura 2).



**Figura 2** – Número de espécies de abelhas amostradas na área I (Fazenda Velha) e na área II (Mosteiro Trapista) no período de 12 meses na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC). Fonte: primária.

A espécie *Apis mellifera* obteve a maior abundância, com 489 indivíduos (49,74%), seguida de *Trigona spinipes*, com 299 indivíduos (30,41%). A área I mostrou maior abundância, com 523 indivíduos (53,20%), enquanto a área II apresentou uma abundância menor, com 460 indivíduos (46,79%). A predominância da espécie *Apis mellifera*, assim como da espécie *Trigona spinipes*, tanto na área I como na área II, indica serem tais espécies generalistas (HEARD, 1999; JOHNSON & STEINER, 2000). Um grande número de espécies de abelhas interagiu com várias espécies de plantas e visitou com frequência flores pequenas e abertas, preferindo geralmente inflorescências densas de espécies arbóreas, tal como visto por Kloc *et al.* (2019). Essas espécies de abelhas, como são eussociais, dominam os melhores e mais abundantes recursos, pela agressividade ou pelo alto número de indivíduos (ROUBIK, 1992).

Entre os gêneros amostrados com menos interações com as plantas, está *Sphecodes* (Latreille, 1804), táxon cleptoparasitário que utiliza os ninhos de outras abelhas Halictidae (MICHENER, 2007; ENGEL, 2000). Bortoli & Laroca (1990) observaram uma redução do número de espécies parasitárias e associaram esse declínio de grupos mais especializados, com modificações que ocorreram no habitat.

A subfamília Megachilinae apresentou baixa amostragem, com somente dois táxons: *Megachile* sp. e *Megachile (Moureapis)* sp. A subfamília Colletinae também foi amostrada apenas com os gêneros *Colletes* cf. *rugicollis* e *Sarocolletes* sp.

O gênero *Exomalopsis* foi encontrado apenas por Ortolan & Laroca (1996) dentre os estudos comparados para FOM em Santa Catarina. As abelhas desse gênero constroem ninhos comunitários ao lado das colmeias dos apicultores (MICHENER, 2007) e isso explica, de certa forma, sua ocorrência na área I (*Exomalopsis trifasciata*), tendo em vista que essa área possui colmeia de *Apis mellifera*.

Do gênero *Nomada* (Apidae), considerado parasita, amostraram-se quatro indivíduos. Tal gênero não foi amostrado em nenhum estudo em mata de araucária para Santa Catarina. De acordo com Laroca & Orth (2002), com a degradação do ambiente, as populações dos grupos parasitas sofrem reduções e até mesmo extinções locais. Assim, sua amostragem pode ser de fauna remanescente de condição anterior.

O gênero *Leiopodus* (Protepeolini) é constituído por abelhas parasitas de ninhos de abelhas do gênero *Diadasia* (Emphorini) e o parasita apresenta padrão de distribuição similar ao do hospedeiro (MICHENER, 2007). As pesquisas realizadas em mata de araucária (ORTH, 1983; ORTOLAN & LAROCA, 1996; KRUG, 2007; MOUGA *et al.*, 2016; MOUGA *et al.*, 2018; LIEBL *et al.*, 2019; KLOC *et al.*, 2019) não evidenciaram nenhuma espécie do gênero *Leiopodus*. Mouga & Krug (2010) amostraram somente um indivíduo desse gênero, assim como neste estudo, mas o trabalho fora realizado em FODM.

A espécie *Melipona quadrifasciata* (mandaçaia) amostrada neste estudo é encontrada nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, principalmente em regiões frias e de grande altitude (WALDSCHMIDT *et al.*, 2002). No presente trabalho, foram amostrados apenas três indivíduos na área II, evidenciando sua diminuição em área característica para essa espécie.

Na família Apinae, o gênero *Chilicola* aparece em levantamentos feitos em campos e na mata atlântica (GONÇALVES & MELO, 2005). Na presente pesquisa, apenas um indivíduo foi contabilizado, sugerindo diminuição de abundância.

*Habralictus* é um gênero de pequenas abelhas neotropicais, conhecidas do sul do Brasil ao norte da província de Jalisco, no México (MICHENER, 2007). Tem hábito alimentar polilético (generalista) (LENZI *et al.*, 2003; CUCOLO, 2012). Foram encontrados apenas dois indivíduos, sendo um em cada área.

Em termos de estrutura da comunidade, a associação de espécies de abelhas encontrada mostra algumas espécies raras e algumas mais abundantes.

## FLORA APÍCOLA

Identificaram-se 55 espécies de plantas associadas às abelhas, que se reúnem em 48 gêneros e 30 famílias (tabela 2).

**Tabela 2** – Lista das famílias e espécies de plantas coletadas associadas às abelhas em área de floresta ombrófila mista na localidade de Rio Preto, Rio Negrinho (SC). Legenda: Ab = abundância; A I = área I (Fazenda Velha); A II = área II (Mosteiro Trapista).

Família	Espécies	Origem	Ab	
			A I	A II
Alismataceae	<i>Echinodorus macrophyllus</i> (Kunth)	Nativa	-	18
Anacardiaceae	<i>Lithrea brasiliensis</i> Marchand	Nativa	12	-
Apiaceae	<i>Ciclospermum leptophyllum</i> Pers.	Nativa	4	-
Asteraceae	<i>Baccharis punctulata</i> DC.	Nativa	-	31
	<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Nativa	-	1
	<i>Baccharis uncinella</i> DC.	Nativa	-	6
	<i>Bidens pilosa</i> L.	Silvestre	2	9
	<i>Calendula officinalis</i> L.	Ornamental	-	16
	<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	Nativa	26	2
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Silvestre	-	8
	<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Silvestre	6	-
	<i>Hypochaeris chillensis</i> (Kunth) Britton	Nativa	1	-
	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Nativa	1	34
	<i>Lessingianthus glabratus</i> Less. H.Rob.	Nativa	2	-
	<i>Mikania cordifolia</i> (L. f.) Willd.	Silvestre	1	-
	<i>Senecio brasiliensis</i> Less.	Nativa	83	58
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Exótica	-	18
<i>Taraxacum officinale</i> L.	Exótica	15	11	
<i>Vernonanthura westiniana</i> (Less.)	Silvestre	-	18	
<i>Vernonia cognata</i> Less.	Nativa	-	8	
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Nativa	-	1

Continua...>

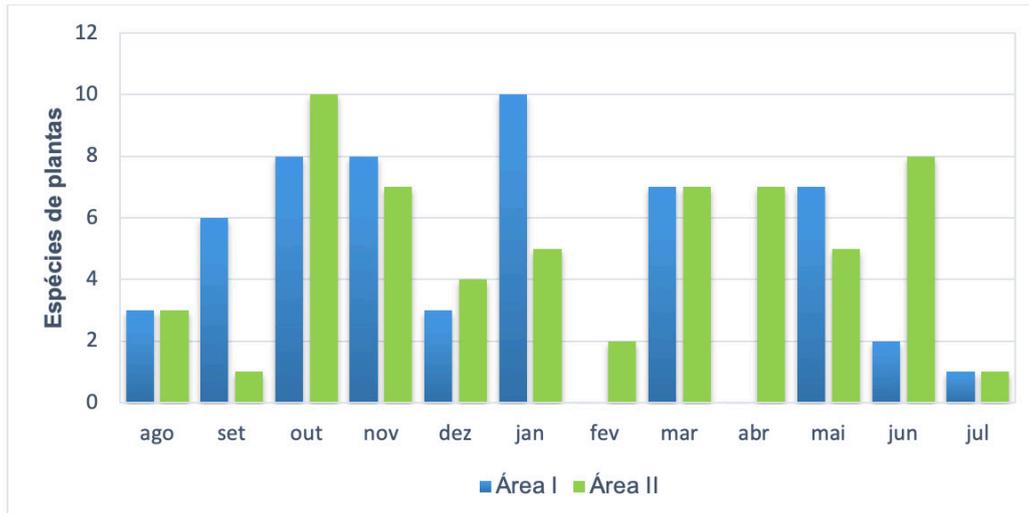
Continuação da Tabela 2

Família	Espécies	Origem	Ab	
			A I	A II
Boraginaceae	<i>Echium plantagineum</i> L.	Exótica	8	-
Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i> L.	Exótica	63	22
Bromeliaceae	<i>Tillandsia aeranthos</i> L.	Nativa	1	-
Caryophyllaceae	<i>Silene gallica</i> L.	Invasora	10	1
Commelinaceae	<i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.	Invasora	1	-
Convolvulaceae	<i>Ipomoea triloba</i> L.	Nativa	3	2
	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> (Moric.) Meisn.	Nativa	9	5
	<i>Jacquemontia heterantha</i> (Nees & Mart.) Hallier f.	Nativa	30	6
	<i>Jacquemontia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	Nativa	23	2
Curcubitaceae	<i>Cucumis anguria</i> L.	Cultivada	13	-
Ericaceae	<i>Rhododendron simsii</i> Planch.	Ornamental	-	114
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Nativa	1	-
	<i>Euphorbia pulcherrima</i> (Willd. Ex Klotzsch, 1834)	Nativa	-	4
Fabaceae	<i>Calliandra tweediei</i> Benth.	Nativa	59	-
Iridaceae	<i>Sisyrinchium iridifolium</i> Kunth	Nativa	1	-
Lamiaceae	<i>Ocimum carnosum</i> (Spreng.) Less.	Nativa	-	6
Liliaceae	<i>Hemerocallis flava</i> L.	Ornamental	-	2
Malvaceae	<i>Malvastrum coromandelianum</i> Garcke	Nativa	2	-
	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	Nativa	2	-
	<i>Sida ciliaris</i> L.	Nativa	2	-
Melastomataceae	<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.)	Ornamental	-	4
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	Nativa	-	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis eriocarpa</i> . DC.	Silvestre	-	1
Plantaginaceae	<i>Veronica persica</i> Poir.	Ruderal	-	1
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Exótica	1	-
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	Nativa	13	-
Rosaceae	<i>Rubus niveus</i> Thunb.	Silvestre	57	-
Rubiaceae	<i>Borreria palustris</i> (Cham. & Schltdl.) Bacigalupo & E.L.Cabral	Nativa	1	1
	<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC.	Nativa	4	1
	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	Nativa	3	5
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> L.	Cultivada	26	-
Solanaceae	<i>Cestrum laevigatum</i> Schltdl.	Nativa	1	-
	<i>Physalis angulata</i> L.	Cultivada	2	3
Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	Nativa	16	18
	Número total de abelhas amostradas		505	438
	Número total de espécies de plantas		37	34

O número total de abelhas amostradas (indivíduos), mencionado ao final da tabela 2, difere em relação ao citado ao final da tabela 1, pois se refere a abelhas coletadas com pratos armadilhas e em voo, que permitiram a coleta de 18 indivíduos na área I e 22 na área II.

A família com mais espécies visitadas foi Asteraceae, com 17 espécies, sendo essa a família botânica de plantas mais representativa em interações com abelhas para o sul do Brasil (ALVES-DOS-SANTOS, 2007).

As espécies de plantas amostradas para a área I foram 37, enquanto na área II somaram 34, durante os 12 meses de coleta (figura 3).



**Figura 3** – Número de espécies de plantas amostradas durante os 12 meses de coleta para a área I e área II na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC). Fonte: primária.

Na área I, Asteraceae mostrou 137 interações e, na área II, 220 interações.

As maiores interações na área I ocorreram na espécie *Senecio brasiliensis* Less. (83 interações), seguida de *Raphanus sativus* Linnaeus (63 interações) e *Calliandra tweediei* Benth. (59 interações). Na área II, as maiores interações deram-se em *Rhododendron simsii* Planch. (114 interações), seguida de *Senecio brasiliensis* Less. (58 interações).

As espécies que ocorreram exclusivamente na área I somaram 21 espécies, as verificadas exclusivamente na área II somaram 18 espécies e as comuns nas duas áreas somaram 16, mostrando haver bastante semelhança entre as duas áreas.

De modo geral, amostraram-se plantas ornamentais (quatro espécies), exóticas (cinco espécies), invasoras (duas espécies), cultivadas (três espécies), ruderal (uma espécie). A espécie *Echinodorus macrophyllus* (Alismataceae), aquática, conhecida popularmente no Brasil como “chapéu-de-couro”, foi amostrada e é muito utilizada como planta medicinal.

Na figura 4 estão ilustradas algumas das espécies de plantas amostradas, da localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC).



**Figura 4** – Espécies de plantas e abelhas amostradas na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), entre agosto de 2018 e julho de 2019. Legenda: 1 - *Bombus pauloensis* (Apinae) na flor de *Chromolaena laevigata* (Asteraceae); 2 - *Bombus* sp.1 na flor de *Rhododendron simsii* (Ericaceae); 3 - *Trigona spinipes* (Apinae) na flor de *Calendula officinalis* (Asteraceae); 4 - *Apis mellifera* (Apinae) em flor de *Baccharis uncinella* (Asteraceae); 5 - *Tillandsia aeranthos* (Bromeliaceae); 6 - *Senecio brasiliensis* (Asteraceae); 7 - *Hemerocallis flava* (Liliaceae); 8 - *Trigona spinipes* (Apinae) em flor de *Echinodorus macrophyllus* (Alismataceae); 9 - *Jacaranda puberula* (Bignoniaceae); 10 - *Apis mellifera* (Apinae) em flor de *Verbena litoralis* (Verbenaceae); 11 - *Araucaria angustifolia*; 12 - *Xylocopa* sp. em Curcubitaceae. Fonte: primária.

## ÍNDICES ECOLÓGICOS

Em relação ao cálculo dos índices (tabela 3), realizado com e sem a espécie de abelha *Apis mellifera*, espécie exótica criada intensamente e hoje invasora em muitos ambientes (MINUSSI & ALVES-DOS-SANTOS, 2007), observa-se a diferença nos valores dos índices que aparecem com a exclusão de *A. mellifera*.

A diversidade, calculada pelo índice de Shannon-Wiener, foi de 1,43 na área I e 1,95 na área II, demonstrando que nesta última há maior riqueza de táxons. Tais valores não se mostraram muito elevados em relação a trabalhos realizados em formações vegetais similares; isso pode ser atribuído ao fato de o cálculo ser influenciado pela abundância de cada espécie, o que acaba por intervir no resultado da diversidade real do local (MAGURRAN, 2004).

A dominância, calculada pelo índice de Simpson 1-D, resultou em 0,62 na área I e 0,69 na área II. Índices mais próximos de 1 indicam maior diversidade e menor dominância.

Em relação à equabilidade, calculada pelo índice de Pielou, a área I mostrou o valor de 0,41, e a área II, 0,49; verifica-se que a área II é mais uniforme no quesito distribuição de indivíduos por táxon, enquanto a área I apresenta uniformidade menor.

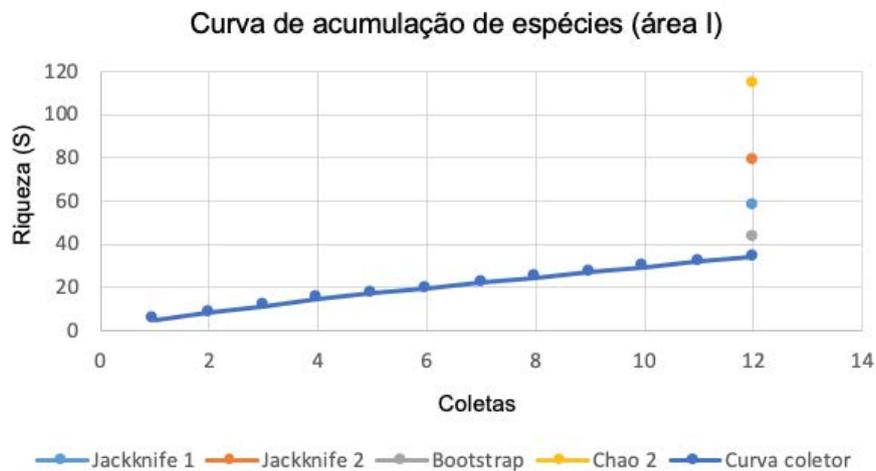
**Tabela 3** – Variação dos índices Shannon-Wiener, Pielou e Simpson com *Apis mellifera* e sem *Apis mellifera* durante o período de estudo.

Índices	Shannon-Wiener (SW)		Pielou (J)		Simpson (1-D)	
	Com <i>A. mellifera</i>	Sem <i>A. mellifera</i>	Com <i>A. mellifera</i>	Sem <i>A. mellifera</i>	Com <i>A. mellifera</i>	Sem <i>A. mellifera</i>
Área I	1,43	1,49	0,41	0,43	0,62	0,51
Área II	1,95	2,39	0,49	0,61	0,69	0,71

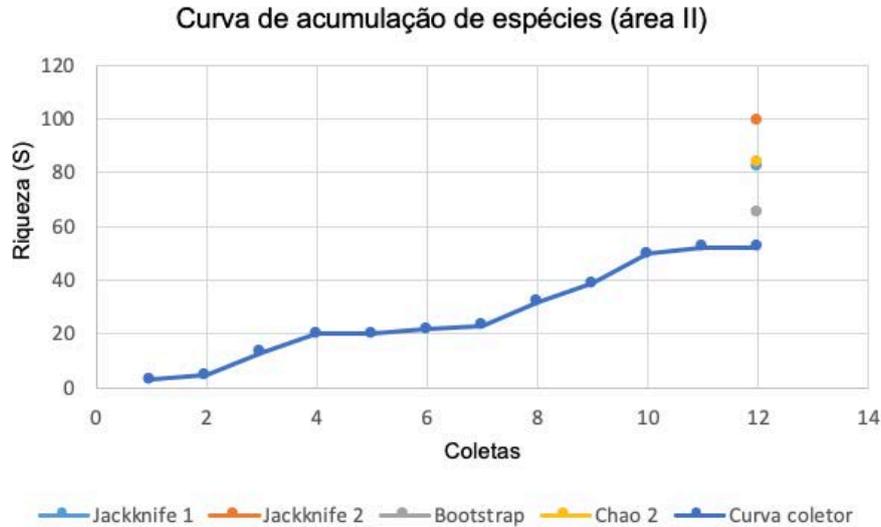
As diferenças observadas entre os dois pontos amostrais de mesmo hábitat (área I e área II) sugerem que as características distintas dos ambientes são relevantes na estruturação das comunidades em estudo.

A curva de acumulação de espécies para a área I não se estabilizou (figura 5), e foram utilizados estimadores de riqueza a partir de dados de abundância das espécies do local. Os estimadores utilizados foram Jackknife 1 e 2, Bootstrap e Chao 2. Os valores variaram, sendo 58 espécies para Jackknife 1, 78 para Jackknife 2, 43 para Bootstrap e 114 para Chao. Para a área II, a curva de acumulação de espécies também não se estabilizou, e empregaram-se os mesmos estimadores de riqueza: Jackknife 1 e 2, Bootstrap e Chao 2. Os valores foram 82 espécies para Jackknife 1, 99 para Jackknife 2, 65 para Bootstrap e 84 para Chao (figura 6).

Assim, verifica-se que o total de espécies amostradas na área I e na área II está distante dos valores dos estimadores de riqueza, indicando que haveria mais espécies a serem amostradas e que seria necessário, possivelmente, um aumento no esforço amostral para obter uma riqueza de espécies mais próxima do estimado. Para a área I, os estimadores chegam a apontar até quase quatro vezes o que foi observado em número de espécies. Para a área II, os estimadores indicam até o máximo de duas vezes o número de espécies amostradas. Como há menos diferença entre o estimado e o observado na área II, a situação real da área II está possivelmente menos afetada do que a da área I. Além do mais, para a área II, dois estimadores mostram quase o mesmo resultado (Jackknife 1 e Chao 2).



**Figura 5** – Estimadores de riqueza não paramétricos e curva de acumulação das espécies de abelhas ao longo de doze coletas na área I (Fazenda Velha), na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), entre julho de 2018 e agosto de 2019. Fonte: primária.



**Figura 6** – Estimadores de riqueza não paramétricos e curva de acumulação das espécies de abelhas ao longo de doze coletas na área II (Mosteiro Trapista), na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), entre julho de 2018 e agosto de 2019. Fonte: primária.

O cálculo do índice de Sorensen indicou maior similaridade do presente estudo com a localidade de Mafra (SC), conforme trabalho de Liebl *et al.* (2019), sendo de 43% (tabela 4). Presume-se que essa alta porcentagem de espécies iguais seja decorrente da proximidade geográfica desses locais, a qual explica a semelhança de condições climáticas e de flora, favorecendo a ocorrência das mesmas espécies de abelhas, que se evidencia na similaridade encontrada. Por outro lado, observa-se que a diversidade da apifauna vem diminuindo ao longo dos últimos 20 anos, se compararmos os estudos já realizados em mata de araucária por Ortolan & Laroca (1996), Krug (2007) e Kloc *et al.* (2019).

**Tabela 4** – Índice de diversidade de Shannon-Wiener (SW), de equitabilidade de Pielou (J), de dominância de Simpson (1-D) e de similaridade de Sorensen (SO), calculados para estudos realizados em floresta de araucária na Região Sul do Brasil. A distância refere-se ao município de Rio Negrinho (o presente estudo). Legenda: n.º sp = número de espécies.

Autores	Altitude (m)	n.º sp	SW	J	1-D	SO	Distância (km)	Município
Orth (1983)	950	143	2,48	0,49	0,75	Área I - 0,15 Área II - 0,19	Área I - 207 Área II - 207	Caçador (SC)
Ortolan & Laroca (1996)	930	63	4,1	0,47	0,30	Área I - 0,22 Área II - 0,29	Área I - 260 Área II - 260	Lages (SC)
Krug (2007)	794	164	4,41	0,866	0,979	Área I - 0,13 Área II - 0,19	Área I - 174 Área II - 174	Porto União (SC)
Mouga <i>et al.</i> (2016)	850	93	2,65	0,586	0,793	Área I - 0,19 Área II - 0,29	Área I - 51,8 Área II - 51,5	Mafra (SC)
Mouga <i>et al.</i> (2018)	1200	74	1,68	0,43	0,4762	Área I - 0,26 Área II - 0,34	Área I - 294 Área II - 294	Urubici (SC)
Liebl <i>et al.</i> (2019)	793	76	A1-2,18 A2-2,56	A1- 0,52 A2- 0,72	A1-0,28 A2-0,12	Área I - 0,43 Área II - 0,43	Área I - 33,8 Área II - 33,4	Mafra (SC)
Kloc <i>et al.</i> (2019)	800	99	3,35	0,72	0,85	Área I - 0,27 Área II - 0,32	Área I - 93,8 Área II - 93,5	Três Barras (SC)
Este estudo área I	790	34	1,43	0,41	0,62	-	Área I - Área II -	Rio Negrinho (SC)
Este estudo área II	790	52	1,95	0,49	0,69	-	Área I - Área II -	Rio Negrinho (SC)

REDES DE INTERAÇÕES ABELHAS-PLANTAS

A observação dos grafos (figuras 7 e 8) mostra que as interações se concentram em poucas espécies e que, nesse conjunto de ligações, as densidades diminuem progressivamente em cada lado.

Um aspecto relevante das redes, a ser considerado, é a presença de *Apis mellifera* no núcleo do sistema, assumindo posição central nas interações, tal como observado por Pigozzo & Viana (2010).

Para a área I, com *Apis mellifera*, observaram-se 31 espécies de abelhas interagindo com 37 espécies de plantas (figura 7A) e, sem a espécie *Apis mellifera*, verificaram-se 30 espécies de abelhas interagindo com 32 espécies de plantas (figura 7B). As interações da área I na figura 7A mostram maior destaque para a espécie exótica *Apis mellifera* associada à espécie *Senecio brasiliensis* (Asteraceae) e, sem a espécie *Apis mellifera* (figura 7B), a predominância é da espécie *Trigona spinipes* em *Calliandra tweediei* (Fabaceae) e *Raphanus sativus* (Brassicaceae).

Para a área II, com *Apis mellifera*, observaram-se 47 espécies de abelhas interagindo com 34 espécies de plantas (figura 8A) e, sem a espécie *Apis mellifera*, verificaram-se 46 espécies de abelhas interagindo com 27 espécies de plantas (figura 8B). A figura 8A mostra para a área II maior interação entre as espécies *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* com *Rhododendron simsii* (Ericaceae) e, sem a espécie *Apis mellifera* (figura 8B), a espécie *Trigona spinipes* apresenta maior interação com *Rhododendron simsii* (Ericaceae).

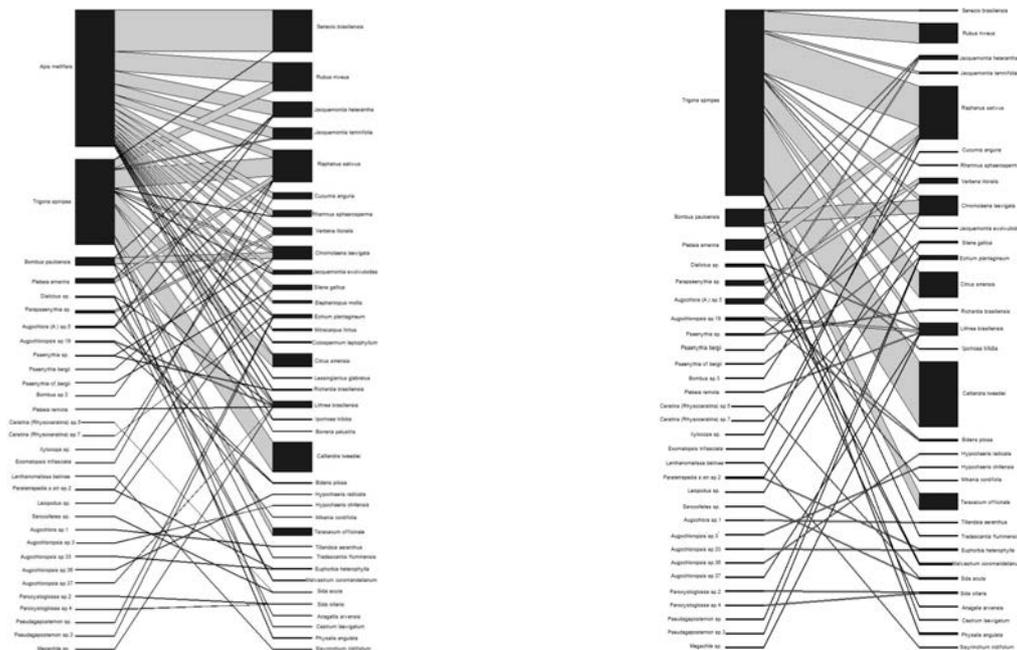
As interações estabelecidas entre as abelhas e as plantas revelaram-se heterogêneas, indicando um sistema assimétrico, em que poucas espécies concentram grande parte das interações, e espécies com poucas interações estão conectadas a espécies com muitas interações.

Assim, os grafos, tanto na área I quanto na II, mostraram que *A. mellifera* e *T. spinipes* estabeleceram diversas interações, podendo ser consideradas espécies generalistas (poliléticas).

Nota-se também que há sete espécies oligoléticas (ou *doubletons*) e 22 *singletons* na área I e 15 oligoléticas (ou *doubletons*) e 30 *singletons* na área II (figura 9).

A  
Área I (Fazenda Velha), com *Apis mellifera*

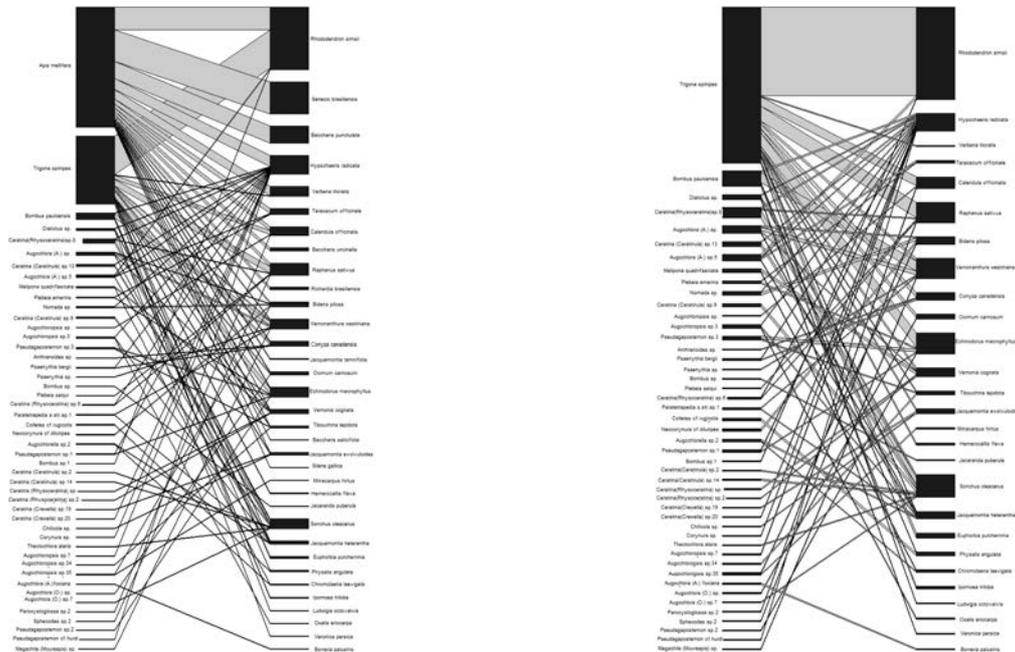
B  
Área I (Fazenda Velha), sem *Apis mellifera*



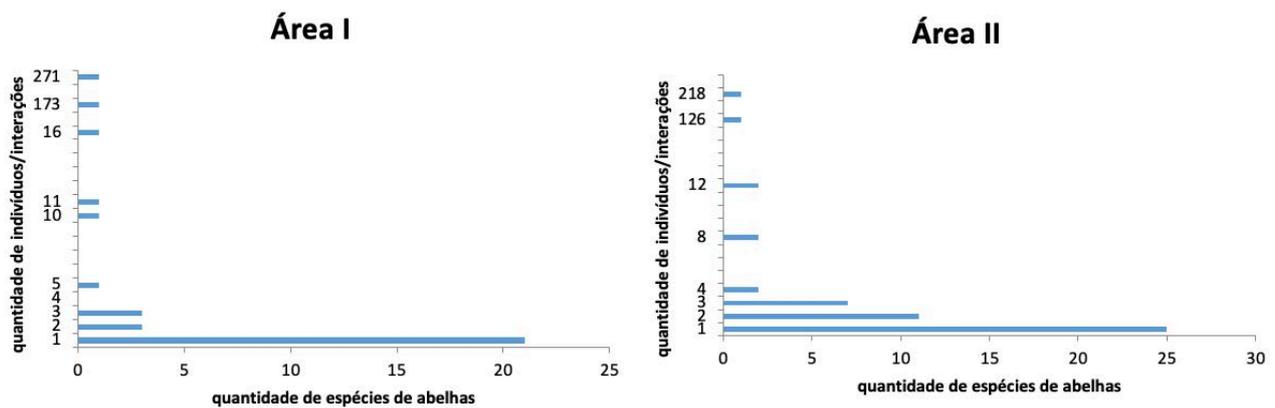
**Figura 7** – Rede de interação entre abelhas e plantas, na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), na área I (Fazenda Velha). A) com *Apis mellifera*; B) sem *Apis mellifera*. À esquerda, espécies de abelhas; à direita, espécies de plantas. O número de linhas e a espessura representam a força de interação entre as espécies. Fonte: primária.

A  
Área II (Mosteiro Trapista), com *Apis mellifera*

B  
Área II (Mosteiro Trapista), sem *Apis mellifera*



**Figura 8** – Rede de interação entre abelhas e plantas, na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), na área II (Mosteiro Trapista). A) com *Apis mellifera*; B) sem *Apis mellifera*. À esquerda, espécies de abelhas; à direita, espécies de plantas. O número de linhas e a espessura representam a força de interação entre as espécies. Fonte: primária.



**Figura 9** – Quantidade de espécies de abelhas e quantidade de indivíduos nas áreas I e II, na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), durante o período amostral. Fonte: primária.

Foram registradas 472 interações para a área I e 342 interações para a área II. As métricas calculadas para analisar as interações – conectância (C), aninhamento (NODF) e especialização da rede (H2') – estão na tabela 5.

**Tabela 5** – Métricas das redes de interações abelhas-plantas amostradas na área I e na área II, na localidade de Rio Preto, em Rio Negrinho (SC), durante o período amostral.

Métricas	Área I	Área II
Espécies de abelhas (a)	31	47
Espécies de plantas (p)	37	34
Grau médio das abelhas (ka)	0,18	0,24
Grau médio das plantas (kp)	0,48	0,62
Número total de interações (K)	472	342
Conectância (C)	0,068	0,066
Aninhamento (NODF)	20,08	20,96
Especialização da rede (H2')	0,59	0,49

Para a área I, as plantas apresentaram valor de grau médio ( $k=0,48$ ); já para as abelhas, o grau médio foi de  $k=0,18$ , mostrando que as plantas receberam diversas espécies de abelhas visitantes e que as abelhas visitaram poucas espécies de plantas.

Na área II, o valor de grau médio das plantas foi  $k=0,62$ , e o valor de grau médio para as abelhas foi  $k=0,24$ , mostrando, assim, a mesma relação que na área I, embora os graus na área II sejam, em escala numérica, maiores.

Analisando o estudo de Kloc *et al.* (2019), verifica-se que nele o valor de grau médio das plantas foi  $k=12,62$ , e o grau médio das abelhas,  $k=3,85$ , ou seja, os dois graus da mencionada pesquisa são maiores que os do presente trabalho. Os números menores do presente estudo indicam uma pobreza de interações, possivelmente em função da intensidade da alteração ambiental deste.

Na presente pesquisa, a conectância (C) foi de 0,068 para a área I e 0,066 para a área II. De acordo com Olesen & Jordano (2002), a conectância está associada negativamente com a riqueza de espécies; assim, com o aumento da riqueza de espécies, a conectância diminui. Segundo Jordano (1987) e Dunne (2006), a conectância está diretamente relacionada com o número de espécies interagentes na rede e a quantidade de interações que essas espécies estabelecem. De acordo com tais autores, quanto mais espécies a rede possui, maior é o número de interações possíveis a serem estabelecidas, o que torna cada vez mais difíceis as chances dessas interações de serem realizadas em sua totalidade. Tal fato se explica também porque as flores apresentam restrições ao seu uso, havendo poucas espécies vegetais com padrão floral acessível a um amplo espectro de visitantes, e também porque, da mesma forma, os visitantes apresentam restrições quanto ao uso de certas fontes alimentares (PIGOZZO & VIANA, 2010).

O valor de aninhamento (NODF) foi de 20,08 na área I e de 20,96 na área II ( $p<0,001$ ) e aponta o aninhamento da rede de interações do presente estudo entre abelhas e plantas. Kloc *et al.* (2019) obtiveram o aninhamento (NODF) de 33,23. Para a organização das redes aninhadas, segundo Lewinsohn *et al.* (2006), haveria a influência da abundância das espécies, em que as mais abundantes seriam mais generalistas e as menos abundantes teriam seu espectro floral reduzido (PIGOZZO & VIANA, 2010).

O índice de especialização da rede (quantitativo) (H2') é uma medida bidimensional derivada do índice de Shannon, que varia de 0 (extrema generalização) a 1,0 (extrema especialização) (BLÜTHGEN *et al.*, 2006). No presente estudo, mostrou o valor de 0,59 para a área I e 0,49 para a área II, portanto uma condição intermediária. Kloc *et al.* (2019) reportaram a especialização da rede (H2') que estudaram como 0,321, ou seja, mais generalizada do que a do presente estudo.

As redes de interações avaliadas mostraram um núcleo coeso com poucas espécies generalistas, em que se destaca *Apis mellifera*, e diversas espécies especialistas interagindo com espécies generalistas, num padrão assimétrico de interações mutualísticas, definido como aninhado. Tal padrão é reportado como capaz de oferecer rotas alternativas de respostas às perturbações ambientais, conferindo maior estabilidade ao sistema e recursos alternativos para as espécies raras (BASCOMPTE *et al.*, 2003; JORDANO *et al.*, 2003). A espécie *Apis mellifera*, exótica, generalista, contribui para esse processo, tendo em vista que atua em diversos tipos de vegetação presentes

no ambiente, aproveitando as plantas disponíveis como fonte de coleta de pólen para a manutenção de suas colônias.

Em geral se observa, com relação à composição da fauna visitada pelas espécies de abelhas, que, em áreas de vegetação antropizada, Apidae é a família com maior ocorrência e diversidade. Os dados do presente estudo indicam que a antropização das áreas rurais do município de Rio Negrinho contribui para a diminuição da diversidade de abelhas, sendo esta menor que a de localidades próximas.

Entretanto salienta-se que, apesar de pesquisas ao longo dos anos evidenciarem a diminuição da apifauna, é importante continuar os estudos de modo a obter um melhor conhecimento sobre as comunidades de abelhas e suas fontes florais, para entender suas características, numa perspectiva de conservação da biodiversidade e recuperação de ecossistemas de floresta ombrófila mista.

## AGRADECIMENTOS

Aos proprietários do Mosteiro Trapista e da Fazenda Velha a permissão de acesso aos locais de coleta. Ao especialista Enderlei Dec a identificação das abelhas. À Ma. Maiara Matilde da Silva o auxílio com os cálculos das métricas. A todos os que contribuíram para este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Alves-dos-Santos, I. Estudos sobre comunidades de abelhas no sul do Brasil e proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical. *Brazilian Journal of Ecology*. 2007; 11: 53-65.
- Bascompte, J. & Jordano, P. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*. 2007; 38: 567-593.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melian, C. J. & Olesen, J. M. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *PNAS*. 2003; 100(16): 9383-9387.  
DOI: 10.1073/pnas.1633576100
- Blüthgen, N. Interação plantas-animais e a importância funcional da biodiversidade. In: Del-Claro, K. & Torezan-Silingardi, H. M. (org.). *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. Rio de Janeiro: Technical Books; 2012. p. 261-272.
- Blüthgen, N., Menzel, F. & Blüthgen, N. Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*. 2006; 6(9): 1-12.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>
- Bortoli, C. de & Laroca, S. Estudo biocenótico em Apoidea (Hymenoptera) de uma área restrita em São José dos Pinhais (PR, Sul do Brasil), com notas comparativas. *Dusenía*. 1990; 15: 1-112.
- Chao, A. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *International Biometric Society*; 1987. p. 783-791.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)*. 1994; 345: 101-118.
- Cucolo, F. G. Diversidade de abelhas em área de regeneração natural de cerrado: sua importância para o desenvolvimento vegetal, com ênfase na polinização [Dissertação de Mestrado]. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados; 2012.

- Dormann, C. F., Gruber, B. & Frund, J. Introducing the bipartite Package: analysing ecological networks. *R News*. 2008; 8(2): 8-11.
- Dunne, J. A. The network structure of food webs. In: Pascual, M. & Dunne, J. A. (ed.) *Ecological networks: linking structure to dynamic in food webs*. Oxford: Oxford University Press; 2006. p. 325-347.
- Efron, B. & Morris, C. N. Data analysis using Stein's estimator and its generalizations. *Journal of American Statistics Association*. 1975; 70: 311-319.
- Engel, M. S. Classificação da tribo das abelhas Augochlorini (Hymenoptera: Halictidae). *Boletim do Museu Americano de História Natural*. 2000; (250): 1-90.
- Fisher, B. L. Insect behavior and ecology in conservation: preserving functional species interactions. *Annals of the Entomological Society of America*. 1998; 91(2): 155-158.
- Gonçalves, R. B. & Melo, G. A. R. The bee community (Hymenoptera, Apidae s.l.) in a restricted area of native grassland in the Vila Velha State Park, Paraná: diversity, phenology and food plants. *Revista Brasileira de Entomologia*. 2005; 49: 557-571.
- Guimarães, P. R. A estrutura e a dinâmica evolutiva de redes mutualísticas. *Ciência e Ambiente*. 2009; 39: 138-147.
- Hammer, O., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Eletrônica*. 2001; 4(1): 1-9. [Acesso em: 4 out. 2019]. Disponível em: [http://palaeoelectronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- Heard, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*. 1999; 44: 183-206.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Cidades*. Rio de Janeiro; 2015. [Acesso em: 20 nov. 2018]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro; 1992. 271 p.
- Johnson, S. D. & Steiner, K. E. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution*. 2000; 15(4): 140-143.
- Jordano, P. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence, and coevolution. *American Naturalist*. 1987; 129: 657-677.
- Jordano, P., Bascompte, J. & Olesen, J. M. Invariant properties in coevolutionary networks of plant-animal interactions. 2003. [Acesso em: 6 nov. 2019]. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00403.x>.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W. & Waser, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1998; 83: 1-12.
- Kevan, P. G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1999; 74: 373-393.
- Kloc, P. B., Silva, T. M. V., Holdefer, D. R., Oliveira, F. F. & Gruchowski, F. C. W. Diversidade e redes de interação entre abelhas e plantas em áreas de várzea na Floresta Nacional (Flona) de Três Barras, Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*. 2019; 6(3): 81-97.

- Krebs, C. J. Ecological methodology. New York: Harper Collins Publishers; 1989. 654 p.
- Krug, C. A comunidade de abelhas (Hymenoptera. Apiformes) da mata com araucária em Porto União (SC) e abelhas visitantes florais da aboboreira (*Cucurbita* L.) em Santa Catarina, com notas sobre *Peponapis fervens* (Eucerini, Apidae) [Dissertação de Mestrado]. Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense; 2007.
- Krug, C. & Alves-dos-Santos, I. O uso de diferentes métodos para amostragem da fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea), um estudo em floresta ombrófila mista em Santa Catarina. Neotropical Entomology. 2008; 37(3): 265-278.
- Laroca, S. & Orth, A. I. Melissocenology; historical perspective. Method of sampling, and recommendations to the “Program of conservation and sustainable use of pollinators, with emphasis on bees” (ONU). In: Kevan, P. G. & Imperatriz-Fonseca, V. L. (ed.). Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of Environment; 2002. 313 p.
- Lenzi, M., Orth, A. I. & Laroca, S. Associação das abelhas silvestres (Hym., Apoidea) visitantes das flores de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), na Ilha de Santa Catarina (sul do Brasil). Acta Biológica Paranaense. 2003; 32(1, 2, 3, 4): 107-127.
- Lewinsohn, T. W., Prado, P. I., Jordano, P., Bascompe, J. & Olesen, J. M. Structure in plant-animal interaction assemblages. Oikos. 2006; 113: 174-184.
- Liebl, F. T., Dec, E. & Mougá, D. M. D. S. Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) em mata de araucária em Santa Catarina. Acta Biológica Catarinense. 2019; 6(1): 20-37.
- Magurran, A. E. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell; 2004. 256 p.
- Medeiros, J. D. Mata atlântica em Santa Catarina. In: Schaeffer, W. B. & Prochnow, M. A mata atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. Brasília: Apremavi; 2002. 53 p.
- Michener, C. D. The bees of the world. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2007. 953 p.
- Minussi, L. C. & Alves-dos-Santos, I. Abelhas nativas versus *Apis mellifera* Linnaeus, espécie exótica (Hymenoptera, Apidae). Bioscience Journal. 2007; 23(1): 58-62.
- Moreira, H. J. C. Manual de identificação de plantas infestantes. Campinas: FMC Agricultural Products; 2011. 1.017 p.
- Mougá, D. M. D. S., Dec, E., Warkentin, M. & Santos, A. K. G. The apifauna and the bee flowers in the Serra Geral range in Santa Catarina State, Southern Brazil. International Journal of Current Research. 2018; 71711-71727.
- Mougá, D. M. D. S. & Krug, C. Comunidade de abelhas nativas (Apidae) em floresta ombrófila densa montana em Santa Catarina. Zoologia. 2010; 27(1): 71-79.
- Mougá, D. M. D. S., Noble, C. F., Bussmann, D. B. G. & Krug, C. Bees and plants in a transition area between atlantic rain forest and araucaria forest in Southern Brazil. Revue d'Écologie (Terre et Vie). 2012; 67: 313-327.
- Mougá, D. M. D. S., Nogueira-Neto, P., Warkentin, M., Feretti, V. & Dec, E. Bee diversity (Hymenoptera, Apoidea) in araucaria forest in southern Brazil. Acta Biológica Catarinense. 2016; 3(2): 149-154.

- Moure, J. S. Halictini Thomson, 1869. In: Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (org.). Catálogo de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) na região neotropical – versão *on-line*. 2012. [Acesso em: 8 nov. 2019]. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>.
- Olesen, J. M. & Jordano, P. Geographic patterns in plant-pollinator mutualistic networks. *Ecology*. 2002; 83: 2416-2424.
- Orth, A. I. Estudo ecológico de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) em Caçador, SC, com ênfase em polinizadores potenciais da macieira (*Pyrus malus* L.) (Rosaceae) [Dissertação de Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1983. 120 p.
- Ortolan, S. M. de L. S. & Laroca, S. Melissocenótica em áreas de cultivo de macieira (*Pyrus malus* L.) em Lages (Santa Catarina), com notas comparativas e experimento de polinização com *Plebeia emerina* (Friese) (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biológica Paranaense*. 1996; 25: 1-113.
- Pigozzo, C. M. & Viana, B. F. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas no ambiente de caatinga. *Oecologia Australis*. 2010; 14: 10-114.
- Pinheiro-Machado, C. & Silveira, F. A. (coord.). Surveying and monitoring of pollinators in natural landscapes and in cultivated fields. In: Imperatriz-Fonseca, V. L., Saraiva, A. M. & Jong, D. D. (ed.). *Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices*. Ribeirão Preto: Holos; 2006. p. 25-37.
- Roubik, D. W. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge: Cambridge University Press; 1992. 514 p.
- Sakagami, S. F., Laroca, S. & Moure, J. S. Wild bees biocenotics in São José dos Pinhais (Pr), South Brazil – preliminary report. *Journal of the Faculty of Sciences of the Hokkaido University. Serie 6, Zoology*. 1967; 19: 253-291.
- Silveira, F. A., da Rocha, L. B., Cure, J. R. & de Oliveira, M. J. F. Abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) da Zona da Mata de Minas Gerais. II. Diversidade, abundância e fontes de alimento em uma pastagem abandonada em Ponte Nova. *Revista Brasileira de Entomologia*. 1993; 27: 595-610.
- Silveira, F. A., Melo, G. A. R. & Almeida, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira; 2002. 254 p.
- Souza, V. C. & Lorenzi, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2005. 640 p.
- Velez-Ruiz, R. I. & Smith-Pardo, A. H. Novas espécies de *Exomalopsis* e sua cleptoparasita associada *Nomada* da Colômbia com a descrição do ninho (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila: Apidae). *ISRN Entomology*. 2013; Article ID 865059, 10 pages. [Acesso em: 5 nov. 2019]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/865059>.
- Vibrans, A. C., Sevegnani, L., Uhlmann, A., Schorn, L. A., Sobral, M. G. & de Gasper, A. L. Structure of mixed ombrophylous forests with *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) under external stress in Southern Brazil. *Revista de Biologia Tropical*. 2011; 59(3): 1371-1387.
- Waldschmidt, A. M., Marco Junior, P., Barros, E. G. & Campos, L. A. O. Análise genética de *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae) com marcadores RAPD. *Revista Brasileira de Biologia*. 2002; 69(8): 923-928.  
DOI: 10.1590 / S1519-6984200200050002.