



Nesting of bees on agricultural properties in the Santo Ângelo Microregion of Rio Grande do Sul state, Brazil

Nidificação de abelhas em propriedades agrícolas da microrregião Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil

Rafael Narciso Meirelles^{1*}; Luana de Fátima da Silva Ferreira¹; Dante Trindade de Ávila²; Lauren Nathiely Garcia Uhlmann¹; Natália Ribeiro Antunes¹; Ariane dos Santos Guimarães¹

Abstract: Bees are major pollinators and play a key role in the reproduction of numerous plant species, thus ensuring the survival of many ecosystems. However, bee populations are currently in decline due to factors that negatively affect natural nesting habitats, which could ultimately lead to their disappearance. The expansion of agricultural land has significantly altered the landscape of the Santo Ângelo microregion in Rio Grande do Sul state (RS), Brazil. Thus, the aim of this study was to identify bee nesting sites and species on agricultural properties in the municipalities Santo Antônio das Missões, Rolador and São Luiz Gonzaga within the Santo Ângelo microregion. Nest surveys were conducted in trunks, soil, and man-made structures located near residential areas of the properties and in forest fragments adjacent to crops and pastures. Some specimens were collected, sacrificed, and taken to the laboratory for identification. Arboreal substrates were identified, and diameter at breast height (DBH) and nest entrance height (NEH) were measured. A total of 25 bee nests were identified: one in a dry trunk, five in masonry structures, and 19 in trees. The bees captured belonged to the genera *Plebeia*, *Scaptotrigona*, *Tetragonisca*, and *Trigona*, and were found in 12 tree species with a mean DBH of 0.65cm. The strongest bee-substrate associations were between *T. angustula* and *T. fiebrigi* in *Handroanthus albus* (4 nests), and *T. angustula* and *T. fiebrigi* in masonry structures (3 nests). The most frequently used trees were *Handroanthus albus* and *Cordia americana*, associated with *Tetragonisca* and *Plebeia*. The results highlight the importance of preserving forested areas near crops and pastures and maintaining tree species that favor bee nesting.

Key words: Jataí. Meliponini. Stingless bees.

Resumo: As abelhas são os principais polinizadores e garantem a reprodução de diversas espécies de plantas, garantindo a manutenção de muitos ecossistemas. Mas, atualmente suas populações estão em declínio, devido a diversos fatores que afetam os ambientes naturais de nidificação, o que pode levar ao desaparecimento destes insetos. A microrregião Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, teve sua paisagem alterada pela expansão das áreas de plantios. Assim, objetivou-se identificar locais de nidificação e espécies de abelhas presentes em propriedades agrícolas nos municípios Santo Antônio das Missões, Rolador e São Luiz Gonzaga, microrregião de Santo Ângelo, estado do Rio Grande do Sul. A prospecção dos ninhos foi realizada em troncos, solo e edificações, localizadas nas áreas de entorno das residências das propriedades quanto em fragmentos de matas adjacentes as lavouras e campos, alguns indivíduos foram coletados, sacrificados e levados para o laboratório para identificação. Os substratos arbóreos foram identificados e aferidas as medidas de diâmetro na altura do peito (DAP) e altura de entrada do ninho (AEN). Foram registrados 25 ninhos, sendo um em tronco seco, cinco em alvenaria e dezenove em árvores. Ao todo foram capturadas abelhas pertencentes aos gêneros *Plebeia*; *Scaptotrigona*; *Tetragonisca* e *Trigona*, em 12 espécies de árvores com DAP médio de 0,65cm. A maior associação de abelha/substrato foi *T. angustula* e *T. fiebrigi* em *Handroanthus albus* (4 ninhos), e *T. angustula* e *T. fiebrigi* em alvenaria (3 ninhos). As árvores com mais registros foram *Handroanthus albus* e *Cordia americana* com *Tetragonisca* e *Plebeia*. Há a necessidade de preservar as áreas de matas próximas as lavouras e campos, com a manutenção de espécies de árvores com interesse em nidificação destas abelhas.

Palavras-chave: Abelhas-sem-ferrão. Jataí. Meliponini.

*Corresponding author

¹Rio Grande do Sul State University (UERGS), University Campus of São Luiz Gonzaga, Senador Salgado Filho Avenue, 4685, Agrícola, CEP 97800-000, São Luiz Gonzaga-RS. E-mails: rafael-meirelles@uergs.edu.br; luana-fatima@uergs.edu.br; lauren-uhlmann@uergs.edu.br; natalia-antunes@uergs.edu.br; ariane-guimaraes@uergs.edu.br;

²Emater-RS/ASCAR, São Luiz Gonzaga Municipal Office, João Goulart Street, 1388, Pedreira, CEP 97800-000, São Luiz Gonzaga-RS. E-mail: davila@emater.tche.br.

INTRODUCTION

Bees (Hymenoptera: Apidae) are insects of considerable ecological importance, largely due to their role as the primary pollinators of most of the world's economically significant crops. Their main function in ecosystems is cross-pollination, crucial to the reproduction and continuation of both agronomically valuable and locally adapted plant species (IWASAKI; HOGENDOORN, 2021).

In soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), for example, foraging by five different bee species has been reported in southern Brazil, with *Apis mellifera* L., an exotic species, being the most abundant. However, bee diversity increases near forested areas, highlighting the importance of preserving natural habitats adjacent to croplands (BULHÕES, 2024).

Several studies have reported increased soybean yields in the presence of bees, in addition to a higher number of fully developed pods and more seeds per pod when compared to plots cultivated without bees (SANTOS *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2019; MOUSSA *et al.*, 2022). Although these visitors seem to have a limited role in cross-pollination, since soybean is self-pollinating, genetic diversity, however minimal, is still essential for the variability that enables plant breeding through selection (LOFEU; KOHLSDORF, 2015).

Canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) is another crop widely cultivated in the study area. Bee visitation to canola flowers can improve yield by increasing seed production per pod and reducing flower abortion (ROBINSON *et al.*, 2023). In the Passo Fundo region (RS), for instance, 25 bee species have been observed visiting canola crops (MARSARO-JÚNIOR *et al.* 2023).

Given the importance of bees to these crops, efforts have been made to develop methods and practices that support their conservation, despite the fact that some agricultural management techniques are incompatible with pollinator preservation. It is important to note that even preserved areas are subject to anthropogenic impacts, such as the intrusion of domestic animals, tree felling for firewood, and pesticide drift. According to Madella-Auricchio (2018), bee diversity in soybean-producing areas in the Cerrado and Caatinga biomes has declined by 80%, largely due to habitat degradation.

INTRODUÇÃO

As abelhas (Hymenoptera: Apidae) são insetos importantes para o ambiente. O que chama a atenção para este inseto é o fato de ser o principal polinizador da maioria das culturas de interesse econômico no mundo. A principal função das abelhas nos ecossistemas é a polinização cruzada, responsável pela perpetuação das espécies botânicas, sejam elas de valor agrônomo ou localmente adaptadas (IWASAKI; HOGENDOORN, 2021).

Em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), por exemplo, há relatos de forrageamento de cinco espécies diferentes de abelhas no Sul do Brasil, sendo *Apis mellifera* L., que é exótica, a mais abundante. No entanto, quanto mais próximo das matas, maior a diversidade de visitantes, indicando a importância da manutenção de ambientes preservados próximos às plantações (BULHÕES, 2024).

Alguns trabalhos já registraram aumento da produtividade da soja na presença de abelhas, além do número de vagens cheias e o número de sementes por vagem, quando comparadas com parcelas cultivadas na ausência de abelhas (SANTOS *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2019; MOUSSA *et al.*, 2022). Esses visitantes parecem ter pouco efeito sobre a polinização cruzada, uma vez que a soja é uma espécie que se autopoliniza, destaca-se que a diversidade genética, mesmo que mínima, é responsável pela variabilidade que permite o melhoramento vegetal por meio da seleção (LOFEU; KOHLSDORF, 2015).

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) é outra espécie vegetal muito cultivada na região deste estudo. Visitas de abelhas nas flores dessa cultura podem potencializar a produtividade, aumentando a produção de sementes por vagem e diminuindo o aborto de flores (ROBINSON *et al.*, 2023). Na região de Passo Fundo (RS), por exemplo, foram observadas 25 espécies de abelhas em canola (MARSARO-JÚNIOR *et al.* 2023).

Cientes da importância das abelhas para essas culturas, busca-se dotar meios e técnicas que visem à proteção e preservação desses insetos, mesmo que alguns métodos de manejo agrícola não sejam compatíveis com essa prática. Ressalta-se que mesmo as áreas preservadas estão sujeitas a impactos antrópicos, como a invasão de animais domésticos, o corte de árvores para obtenção de lenha e deriva de agrotóxicos. De acordo com Madella-Auricchio (2018), foi registrada redução de até 80% na diversidade de abelhas em áreas de cultivo de soja no Cerrado e na Caatinga, associada à degradação do habitat.

Forests surrounding crop areas may contain nests of social bees in tree trunks, the soil, or even rocks, and may also provide forage resources suitable for beekeeping. This is a sustainable system that contributes to agricultural production by maintaining pollinator populations (HALINSKI *et al.*, 2018). The search for these floral rewards helps support a rich natural ecological chain that must be protected due to its critical role in maintaining the biodiversity of ecosystems that also include humans.

In addition to agricultural systems, bees are fundamental to ecosystem resilience in the face of climate emergencies. Studies have shown that bee pollination increases the resistance of plant communities to climate disturbances, promoting ecosystem recovery after extreme events (KREMEN *et al.*, 2007). Bee activity also enhances plant connectivity and strengthens mutualistic networks that sustain seed production and natural regeneration (OLLERTON *et al.*, 2011). However, the loss of pollinators compromises the ability of ecosystems to adapt to climate change, as highlighted by Potts *et al.* (2016), who linked bee decline to reduced resilience in agroforestry systems.

Conserving bees is therefore crucial for ecosystem recovery in an era of increasing climate instability, since they are recognized as essential pollinators in natural environments (GOMES, 2024). Thus, the aim of this study was to identify bee nesting sites and species present on agricultural properties in the municipalities of Santo Antônio das Missões, Rolador and São Luiz Gonzaga within in the Santo Ângelo microregion.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in rural areas of the municipalities of São Luiz Gonzaga (28°24'31"S; 54°57'41"W), Rolador (28°15'30"S; 54°48'7"W) and Santo Antônio da Missões (28°29'23"S; 55°16'9"W), in the Santo Ângelo microregion of Rio Grande do Sul state, Brazil. Field surveys were carried out between January 23 and March 5, 2024, on private properties with different land uses, including grain crops, permanent crops, and livestock farming.

As matas que circundam essas áreas de plantações podem ter ocorrência de ninhos de abelhas sociais em troncos de árvores, no solo ou até mesmo em rochas, além de produzirem pasto apícola, passível de aproveitamento para a criação das abelhas. Esse é um sistema sustentável e contribui para a produção agrícola, por meio da manutenção das populações dos polinizadores de culturas agrícolas (HALINSKI *et al.*, 2018). As buscas por estas recompensas promovem uma rica cadeia ecológica natural que deve ser protegida em razão do papel que exerce ou que pode exercer, ajudando a manter a biodiversidade do ecossistema do qual o homem faz parte.

Além dos sistemas agrícolas, as abelhas são fundamentais para a resiliência dos ecossistemas frente às emergências climáticas. Estudos demonstraram que a polinização por abelhas aumenta a resistência de comunidades vegetais a distúrbios climáticos, promovendo a recuperação de ecossistemas após eventos extremos (KREMEN *et al.*, 2007). Além disso, sua atividade favorece a conectividade entre plantas, reforçando redes mutualísticas que sustentam a produção de sementes e a regeneração natural (OLLERTON *et al.*, 2011). A perda de polinizadores, no entanto, reduz a capacidade dos ecossistemas de se adaptarem às mudanças climáticas, como destacado por Potts *et al.* (2016), que relacionaram o declínio das abelhas com a menor resiliência de sistemas agroflorestais.

Portanto, a conservação das abelhas é crucial para garantir a recuperação de ecossistemas em um cenário de crescente instabilidade climática, já que são reconhecidas como polinizadoras em ambientes naturais (GOMES, 2024). Logo, objetivou-se com este trabalho identificar locais de nidificação e espécies de abelhas presentes em propriedades agrícolas nos municípios Santo Antônio das Missões, Rolador e São Luiz Gonzaga, microrregião de Santo Ângelo, estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na zona rural dos municípios de São Luiz Gonzaga (28°24'31"S; 54°57'41"W), Rolador (28°15'30"S; 54°48'7"W) e Santo Antônio da Missões (28°29'23"S; 55°16'9"W), na microrregião Santo Ângelo, estado do Rio Grande do Sul. As prospecções ocorreram entre os dias 23 de janeiro e 5 de março de 2024, em propriedades privadas com uso diverso, entre lavouras graníferas, lavouras permanentes e pecuária.

The region is characterized by native grasslands typical of the Pampa biome and fragments of deciduous seasonal forest, representative of the Atlantic Forest. In general, forested areas in Rio Grande do Sul have undergone significant anthropogenic pressure and are now largely restricted to permanent preservation areas, such as hillsides, and the margins of springs, streams, and creeks. In addition to native species, there is a strong presence of exotic plants introduced for different purposes, ranging from landscaping to practice uses (OLIVEIRA *et al.*, 2018; REMPEL *et al.*, 2018).

For this study, three municipalities were selected as sampling locations based on environmentally relevant features, such as the presence of trees within or adjacent to fields of annual crops and open grazing systems. The aim was to represent the anthropogenic influence exerted by different rural economic activities in the region. The chosen municipalities were:

1. São Luiz Gonzaga: situated at an altitude of 260 meters, it covers 1,295.7 km² and had a population of 33,468 inhabitants according to the most recent census (IBGE, 2022). Sampling was carried out on two properties, one dedicated to livestock farming, with cattle grazing on open pasture, and the other surrounded by soybean crops.
2. Rolador: a 295 km² area located at an altitude of 206 meters, with 2,323 inhabitants (IBGE, 2022). Five properties were visited, all used for livestock farming with cattle and sheep grazing on native grassland, and soybean and corn crops nearby.
3. Santo Antônio das Missões: spanning 1,710.9 km², this municipality had a population of 10,175 inhabitants in the most recent census (IBGE, 2022) and is situated at altitude of 166 meters. The property surveyed here featured native grassland used for livestock farming, native trees scattered in woodland patches, a 1-hectare diversified agroforestry area with native and exotic plants, and greenhouse cultivation of tomatoes and vegetables.

A região é caracterizada pela presença de campos nativos próprios do bioma Pampa e fragmentos de Floresta Estacional Decidual, típica da Mata Atlântica. De modo geral, as áreas de mata do Rio Grande do Sul passaram por intensa influência antrópica, sendo reduzidas às áreas de preservação permanentes, em encostas e bordas de fontes, córregos e arroios, quando presentes. Além de espécies nativas, há grande influência de plantas exóticas, que foram introduzidas com diferentes propósitos, desde paisagísticos até práticos (OLIVEIRA *et al.*, 2018; REMPEL *et al.*, 2018).

Para o presente trabalho foram selecionados três municípios como locais de amostragem, baseados em características de interesse ambiental, com ocorrência de árvores em meio a lavouras com culturas anuais e sistemas de campo (pecuária) por perto, de forma a representar a influência antrópica exercida pelas diferentes atividades econômicas rurais da região. Os municípios selecionados foram:

1. São Luiz Gonzaga: O município, situado a 260 metros de altitude, se estende por 1.295,7 km² e contava com 33.468 habitantes no último censo (IBGE, 2022). Foram realizadas amostragens em duas propriedades, uma destinada a pecuária, campo com bovinos em pastejo, e outra com áreas de lavouras em volta, sendo elas com a cultura da soja.
2. Rolador: O município de 295 km² fica a 206 metros acima no nível do mar, com 2.323 habitantes (IBGE, 2022). Foram visitadas cinco propriedades. Essas propriedades eram ocupadas com criação de gado (pecuária) em campo nativo, com bovinos e ovinos e lavouras de soja e milho bem próximas.
3. Santo Antônio das Missões: O município se estende por 1.710,9 km² e contava com 10.175 habitantes no último censo (IBGE, 2022). Fica situado a 166 metros de altitude. A propriedade visitada possuía campo nativo em uso com pecuária, contando com árvores nativas em capões, uma área de 1 ha de agrofloresta diversificada com plantas nativas e exóticas, e cultivo de hortaliças e tomates em estufas.

Nesting surveys were conducted in forest fragments adjacent to croplands, in open pasture areas, and within the residential areas of the properties. A census-based sampling approach was adopted, with bee activity observed around all trees, rocky outcrops, and built structures within each area. Each site was visited once, and active searches were carried out on a single day, beginning at 9:00 a.m. and continuing until all plants and possible nesting substrates had been inspected. Given the regional landscape, where tree clusters rarely exceed 2 ha, surveys were generally completed by midday.

All the nests found were photographed (Figure 1). Bee activity around the nests was observed in order to collect specimens using an entomological net ($\varnothing = 14$ cm). The insects collected were euthanized in a killing chamber with ethyl acetate and stored in 15 mL Falcon tubes containing 70% ethanol, which were labeled with collection data (nest number, substrate type, and collection date). Specimens were then transported to the laboratory for species-level identification using a reference collection and the taxonomic key of Witter *et al.* (2023).

A prospecção por ninhos foi realizada nas matas que se encontravam próximas das lavouras, nos campos e na área de convívio das propriedades. O formato de amostragem foi de censo, no qual foi observada a movimentação de abelhas próximas a todas as árvores, afloramentos rochosos e construções das áreas. Cada local foi visitado uma vez, e a busca ativa ocorria em um único dia, iniciando às 9:00 h e seguindo até que todas as plantas e possíveis substratos fossem percorridos e observados. Em geral, pela característica da região, na qual os grupos de árvores raramente ultrapassam 2 ha, as verificações eram encerradas até o meio-dia.

Todos os ninhos encontrados foram fotografados (Figura 1). O movimento de abelhas foi observado para coletar com rede entomológica ($\varnothing = 14$ cm). Os insetos foram colocados em câmara mortífera com acetato de etila, e armazenadas em tubos Falcon (15 mL) com álcool 70%, contendo etiqueta com dados de identificação da coleta (número do ninho, tipo de substrato e data da coleta). Posteriormente, as abelhas foram levadas ao laboratório para identificação a nível específico através de coleção de referência e Witter *et al.* (2023).



Figure 1 - Nest entrances of *Tetragonisca angustula* in *Syagrus romanzoffiana* (A) and in a masonry construction space (B), and of *Plebeia droryana* in an *Ocotea puberula* trunk (C), in rural properties in the municipality of Rolador, RS, Brazil.

Figura 1 - Entradas de ninhos de *Tetragonisca angustula* em *Syagrus romanzoffiana* (A), e em espaço em construção de alvenaria (B), e de *Plebeia droryana* em tronco de *Ocotea puberula* (C), em propriedades rurais no município de Rolador, RS, Brasil.

The tree substrates that contained nests were identified to the species level. Additionally, nest entrance height (NEH) and diameter at breast height (DBH) were recorded, with the latter measured approximately 1.5 meters above the ground.

DBH was calculated based on trunk circumference, which was measured using a 20m millimeter-scale measuring tape wrapped around the tree at breast height. The value obtained was then used in the following formula to calculate DBH: circumference at breast height / π .

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 25 nests of social bees were recorded: two in São Luiz Gonzaga, 19 in Rolador, and four in Santo Antônio das Missões. With regard to the nesting substrate, five nests were found within masonry structures, 19 in trees, and one in the dry trunk of a plant that could not be identified (Table 1).

The bees in these nests were identified as belonging to the following species: *Plebeia droryana* (Friese, 1900), *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836), *Scaptotrigona postica* (Latreille, 1807), *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), and *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz, 1938), the last two being the most abundant.

According to Gomes (2024), the species richness of bees found in a given region generally reflects how diversely they interact with their environment. In the state of Rio Grande do Sul, 24 native species of social bees and one exotic species have been recorded. In the present study, a limited number of bee species was identified and, notably, a low diversity of plant substrates.

S. postica, commonly known as *mandaguari*, is not considered native to Rio Grande do Sul, nor is it listed by the State Department for the Environment (SEMA, 2014) among native stingless bee species authorized for managed beekeeping (CONAMA, 2020). Therefore, further research is needed to investigate how this species was introduced to the state and its potential impact on native bees, since the introduction of exotics is a major driver of local extinctions (BERINGER *et al.*, 2019).

Os substratos arbóreos que continham ninhos, foram identificados a nível de espécie. Também foram aferidas as medidas de altura de entrada do ninho e o diâmetro à altura do peito (DAP), medido aproximadamente a 1,5 m do solo.

O DAP foi calculado empregando o perímetro que, por sua vez, foi registrado contornando o tronco com trena milimetrada de 20 m. O valor registrado foi submetido à seguinte fórmula para o DAP: (Perímetro medido na altura do peito) / π .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados 25 ninhos de abelhas sociais, sendo dois no município de São Luiz Gonzaga, dezenove em Rolador e quatro em Santo Antônio das Missões. Quanto ao substrato, cinco estavam em estruturas de alvenaria e dezenove em árvores e um em tronco seco de uma planta que não pode ser identificada (Tabela 1).

As abelhas destes ninhos foram identificadas como sendo das espécies: *Plebeia droryana* (Friese, 1900), *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836), *Scaptotrigona postica* (Latreille, 1807), *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz, 1938), sendo as duas últimas as mais abundantes.

Segundo Gomes (2024), a riqueza de espécies de abelhas geralmente encontradas em uma região reflete a diversidade com que elas exploram o ambiente. O Rio Grande do Sul possui registro de 24 espécies de abelhas sociais nativas e uma exótica. Assim, esse estudo identificou uma quantidade limitada de abelhas e, principalmente, uma baixa diversidade de substratos vegetais.

A espécie *S. postica*, conhecida popularmente como mandaguari, não é considerada nativa do Rio Grande do Sul e não é listada pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA, 2014) como uma das espécies de abelhas nativas sem ferrão cuja criação é permitida no estado (CONAMA, 2020). Portanto, é importante que novos trabalhos sejam realizados para apurar como ela foi introduzida no Estado e qual o impacto dela sobre as populações de abelhas nativas, uma vez que a introdução de espécies exóticas é considerada um dos fatores críticos para a extinção de espécies nativas (BERINGER *et al.*, 2019).

Table 1 - Social bee species, nesting substrates, number of nests of each bee species in each substrate, mean diameter at breast height (DBH – in meters) of tree substrates, and nest entrance height (NEH – in meters) in rural areas of the municipalities of São Luiz Gonzaga (SLG), Rolador (ROL) and Santo Antônio das Missões (SAM), Rio Grande do Sul state, recorded between January and March 2024

Tabela 1 - Espécies de abelhas sociais, substratos de nidificação, número de ninhos de cada espécie de abelha nos substratos, diâmetro médio na altura do peito dos substratos arbóreos (DAP - em metros) e altura da entrada dos ninhos (AEN - em metros) em áreas rurais dos municípios de São Luiz Gonzaga (SLG), Rolador (ROL) e Santo Antônio das Missões (SAM), Rio Grande do Sul, em registros realizados entre janeiro e março de 2024

Bee Species	Nests	Substrate and Municipality	No.	DBH	NEH
<i>Plebeia droryana</i>	3	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> - ROL	1	0.25	0.60
		<i>Ocotea puberula</i> - ROL	1	0.60	0.40
		<i>Cordia americana</i> - ROL	1	0.28	1.30
<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	2	<i>Cupania vernalis</i> - ROL	1	0.41	1.40
		<i>Handroanthus albus</i> - ROL	1	0.86	0.20
<i>Scaptotrigona postica</i>	1	<i>Cordia americana</i> - ROL	1	0.88	0.30
<i>Tetragonisca angustula</i>	6	<i>Syagrus romanzoffiana</i> - ROL	1	0.23	0.35
		<i>Phytolacca dioica</i> - ROL	1	0.95	0.10
		<i>Cupressus</i> sp. - SLG	1	0.60	0.10
		Masonry - ROL	3	NA	NA
<i>Tetragonisca fiebrigi</i>	12	<i>Holocalyx balansae</i> - SAM	1	0.41	0.20
		<i>Zanthoxylum fagara</i> - SAM	1	0.33	0.60
		<i>Cordia americana</i> - ROL	2	0.36	0.50
		<i>Eucaliptus</i> sp. - SLG	1	0.63	0.10
		<i>Handroanthus albus</i> - ROL	4	0.84	0.20
		<i>Trichilia clausenii</i> - SAM	1	0.23	0.80
		Masonry - Rolador	2	NA	NA
<i>Trigona spinipes</i>	1	Dry trunk - SAM	1	NA	NA
Total	25			0.65	0.50

NA: Not applicable.

NA: Não se aplica.

The survival of bee colonies is directly dependent on external foraging activities, which enable the collection of food, water, and plant resins. As a result, bees tend to nest in locations that provide access to these essential resources, which may occasionally be situated near anthropized areas. In this context, the most frequently registered substrate in the present study was masonry, used by *T. angustula* and *T. fiebrigi*. This suggests that these species are generalist nesters, capable of adapting to different environments as viable nesting sites become increasingly scarce, leading them closer to urbanized areas.

A sobrevivência das abelhas depende diretamente das atividades externas dos ninhos, as quais tornam possível a coleta de água, alimentos e resinas vegetais. Sendo assim, elas buscam nidificar em locais com acesso a essas necessidades, os quais, ocasionalmente, podem estar mais perto de áreas antrópicas. Nesse contexto, o substrato mais frequente registrado neste trabalho foi alvenaria, com as abelhas *T. angustula* e *T. fiebrigi*, indicando que são espécies generalistas na busca por locais de nidificação, adequando-se a outros ambientes, uma vez que os espaços viáveis em meio às áreas cultivadas estão se tornando escassos e se aproximando de locais urbanizados.

The generalist nesting behavior of *T. fiebrigi* and *T. angustula* has been reported in other studies. According to these reports, jataí bees (*T. angustula*) show plasticity in habitat choice and can nest in both natural environments such as tree cavities, and artificial structures (SOUZA; ABREU, 2023; REBOUÇAS *et al.*, 2024). Thus, these bees seem to choose nesting sites based on the availability of hollows rather than specific tree characteristics, a pattern consistent with their generalist nesting behavior.

Among the twelve tree species recorded, four were exotic: camboatá (*Cupania vernalis* Cambess.), native to South America but not to Rio Grande do Sul, ombú (*Phytolacca dioica* L.), native to Argentina, cypress (*Cupressus* sp), native to the Northern Hemisphere, and eucalyptus (*Eucaliptus* sp.), native to Australia. The other eight species were native and included guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), canela-guaicá [*Ocotea puberula* (Rich.) Nees], guajuvira (*Cordia americana* L.), ipê [*Handroanthus albus* (Cham.) Mattos], queen palm [*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman], alecrim (*Holocalix balansae* Micheli), toothache tree [*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.], and quebra-machado (*Trichilia claussoni* C. DC.).

Bees capable of nesting in urban areas, using native or exotic plants and alternative substrates such as masonry, tend to be more resilient and are better able to escape extinction drivers such as deforestation of natural habitats and pesticide use in rural areas. According to Araujo and Witt (2020), the destruction of natural habitats forces bees to nest in artificial sites. Paradoxically, it is possible that, in some regions, urban areas may have become more favorable to certain bee species than rural settings.

In the present study, many nests were found in trees near buildings, particularly homes, or within the buildings themselves. Despite the different types of anthropogenic disturbance, some bees appear to be better protected in these inhabited environments than in areas closer to croplands.

O comportamento de nidificação generalista de *T. fiebrigi* e *T. angustula* já havia sido verificado em outros estudos. Segundo esses estudos, as jataís possuem plasticidade quanto a escolha do hábitat, podendo nidificar tanto em espaços naturais, em árvores, quanto em espaços artificiais (SOUZA; ABREU, 2023; REBOUÇAS *et al.*, 2024). Logo, aparentemente, essas abelhas nidificam em determinados locais mais influenciadas pela presença de oco do que pelas características das próprias árvores, uma vez que algumas dessas espécies são generalistas na busca pelos locais, como a jataí, que nidifica em diversas estruturas e plantas nativas e exóticas.

Dentre as doze espécies de árvores, quatro são exóticas, sendo elas o camboatá (*Cupania vernalis* Cambess.), nativa da América do Sul (mas não do RS), umbu (*Phytolacca dioica* L.), nativa da Argentina, cipreste (*Cupressus* sp), nativa do hemisfério Norte, e o eucalipto (*Eucaliptus* sp.), nativo da Austrália. E oito destas são nativas, sendo elas: guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), canela-guaicá [*Ocotea puberula* (Rich.) Nees], guajuvira (*Cordia americana* L.), ipê [*Handroanthus albus* (Cham.) Mattos], jerivá [*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman], alecrim (*Holocalix balansae* Micheli), contrilho [*Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.] e quebra-machado (*Trichilia claussoni* C. DC.).

As abelhas que conseguem nidificar em zona urbana, buscando refúgio em plantas tanto nativas quanto exóticas ou em substratos alternativos, como alvenarias, tendem a ser mais resilientes e conseguem escapar de fatores promotores de extinção, como o desmatamento dos ambientes naturais e uso de agrotóxicos em áreas rurais. De acordo com Araujo e Witt (2020), a destruição do habitat natural obriga esses insetos a se alojarem em locais artificiais. Parece um contrassenso, mas é possível que as áreas urbanizadas tenham se tornado, em algumas regiões, mais saudáveis para algumas espécies de abelhas do que as áreas rurais.

Neste estudo, verificou-se que muitos ninhos estavam alojados ou em árvores próximas às construções, principalmente das moradias ou nas próprias construções. Apesar dos diferentes tipos de perturbações antrópicas, algumas abelhas acabam ficando mais protegidas nesses locais de convívio, em comparação com as áreas mais próximas dos locais de cultivos.

Some exotic tree species that have adapted to the climate of Rio Grande do Sul have been associated with certain bee species, as both nesting substrates and floral resources. For example, *Eucalyptus* sp., which account for a significant portion of reforested areas worldwide due to their adaptability to different habitats, rapid growth and broad applicability of their timber (KAUR; MONGA, 2021), can serve as nesting sites and are also widely visited for floral resources by both native and exotic bees in Rio Grande do Sul (RADAESKI; BAUERMANN, 2021).

Cupania vernalis, commonly known as camboatá, camboatá-vermelho or arco-de-peneira, is characteristic of the Montane Semideciduous Forest and Atlantic Rainforest (LORENZI, 2020). Its flowers are polygamous (staminate and pistillate) and arranged in terminal panicle inflorescences with an extra-staminal nectariferous disc, making them highly attractive to bees (FERREIRA, 2009) and serving as a significant source of pollen. Other studies have shown an affinity between cypress trees (*C. funebris*) and social bees, with records of *Trigona spinipes* (irapuá) and *Tetragonisca angustula* (jataí) nesting in these trees (SANTOS *et al.*, 2023; FRIGO, 2024). In the study region, cypress is a common ornamental species used in residential and urban landscaping.

A critical factor to consider is the time required for trees to reach dimensions suitable for nesting. For example, according to the growth equation developed by Zimmermann *et al.* (2014), which has 90% accuracy, a *Handroanthus* sp. (ipê) tree with a DBH of 0.86 m, where a *Scaptotrigona bipunctata* nest was recorded, takes approximately 116 years to reach this size.

Similarly, in a long-term study of *Ocotea puberula* in a forest reserve in Santa Catarina state, Brazil, Mattos *et al.* (2010) reported an average DBH increment of 0.98 cm (maximum 1.38 cm) in eight individuals over a 20-year period. These findings highlight the fact that many tree species require decades or even centuries to reach the developmental stages necessary for bee nesting.

Algumas espécies exóticas de árvores, adaptadas ao clima do Rio Grande do Sul, têm sido relacionadas com algumas espécies de abelhas, tanto como substrato para nidificação quanto para polinização, ressaltando que as flores de algumas podem oferecer recursos para esses insetos. Espécies de *Eucalyptus* sp., por exemplo, que representam grande parte da área reflorestada no mundo devido à sua capacidade de adaptação a diferentes habitats, ao rápido crescimento e à ampla aplicabilidade de sua madeira (KAUR; MONGA, 2021), podem oferecer local para nidificação, mas também são muito procurados como fonte de recursos florais, tanto por abelhas nativas quanto exóticas no Rio Grande do Sul (RADAESKI; BAUERMANN, 2021).

A *Cupania vernalis*, conhecida popularmente como camboatá, camboatá-vermelho ou arco-de-peneira, é característica de Floresta Semidecídua de Altitude e da Mata Pluvial Atlântica (LORENZI, 2020). As flores de *C. vernalis* são polígamas (estaminadas e pistiladas) e organizadas em inflorescências terminais do tipo panícula e de um disco nectarífero extra-estaminal que oferece grande atratividade às abelhas (FERREIRA, 2009). Sendo um dos exemplos de flores atrativas para as abelhas com oferta de pólen. Outros estudos mostraram a afinidade de ciprestes (*C. funebris*) com as abelhas sociais, sendo registrados ninhos de irapuá e jataí (SANTOS *et al.*, 2023; FRIGO, 2024). Nessa região, trata-se de uma planta comum, utilizada na arborização residencial e urbana.

Um fator crítico a ser considerado é o tempo requerido para que as árvores atinjam condições adequadas para nidificação. Por exemplo, um indivíduo de *Handroanthus* sp. (ipê) com DAP de 0,86 m, no qual foi registrado um ninho de *Scaptotrigona bipunctata*, necessitaria de aproximadamente 116 anos para alcançar esse diâmetro, conforme estimado pela equação de Zimmermann *et al.* (2014), com 90% de acurácia.

De modo semelhante, Mattos *et al.* (2010) observaram, em um estudo com *Ocotea puberula* em uma reserva florestal em Caçador, Santa Catarina, Brasil, um incremento diamétrico médio de 0,98 cm (máximo de 1,38 cm) em oito indivíduos monitorados ao longo de 20 anos. Esses resultados evidenciam que muitas espécies arbóreas demandam décadas ou mesmo séculos para atingirem estágios de desenvolvimento adequados à nidificação de abelhas.

However, human disturbances often compromise the preservation of these trees in anthropized or rural areas (DALPIZZOL *et al.*, 2021). In permanent preservation areas (PPAs), for instance, Santos-Fieira and Souza (2007) reported that cattle trampling negatively affects natural regeneration, hindering the establishment of young trees and long-term sustainability of populations. Additionally, Uller-Gómez *et al.* (2009) documented illegal firewood harvesting in PPAs in Santa Catarina, exacerbating the degradation of plant communities.

Species such as guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*) face further pressure from logging, firewood use, charcoal production, and seed and fruit harvesting (ANDRZEJEWSKI *et al.*, 2020). As observed by Andrzejewski *et al.* (2020) in a forest fragment in Guarani das Missões (RS), these practices can reduce the availability of mature trees, restricting suitable nesting sites for native bees.

In their search for nesting substrates, generalist bees tend to face fewer risks than specialists. Traditional agricultural and livestock practices may favor certain tree species, while reducing the presence of others that are crucial for bees that nest in specific conditions. The landscape of the Pampa biome has undergone major changes in the past two decades, with increasing deforestation and conversion to croplands, mainly for soybean and eucalyptus cultivation (ROCHA *et al.*, 2020). As such, conservation measures are urgently needed in the region to combat continued agricultural expansion. These include stronger enforcement of environmental regulations on rural properties to safeguard PPAs and legal reserves, as established under Federal Law No. 12.651/12 (BRASIL, 2012).

It is also important to note that some bee species recorded in the present study are recognized as good producers of high-value honey (OLIVEIRA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2019). Thus, conserving these insects can also offer economic incentives by promoting certified meliponiculture for the production of honey, pollen, resins, propolis, wax, and other commercially valuable products.

No entanto, a manutenção dessas árvores em áreas antropizadas ou em propriedades rurais é frequentemente comprometida por distúrbios antrópicos (DALPIZZOL *et al.*, 2021). Em áreas de preservação permanente (APPs), por exemplo, Santos-Fieira e Souza (2007) constataram que o pisoteio por gado impacta negativamente a regeneração natural, dificultando o estabelecimento de indivíduos jovens e a sustentabilidade populacional a longo prazo. Adicionalmente, Uller-Gómez *et al.* (2009) documentaram a extração ilegal de lenha em áreas de preservação permanentes (APPs) no estado de Santa Catarina, exacerbando a degradação da comunidade vegetal.

Espécies como a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*) enfrentam pressões adicionais devido à exploração madeireira, coleta de sementes e frutos, e uso para lenha e carvão (ANDRZEJEWSKI *et al.*, 2020). Tais atividades, conforme observado por Andrzejewski *et al.* (2020) em um fragmento florestal em Guarani das Missões (RS), podem reduzir a disponibilidade de árvores maduras, limitando a oferta de sítios adequados para nidificação de abelhas nativas.

As abelhas mais generalistas, na busca de substratos de nidificação, tendem a correr riscos menores do que as especialistas. As atividades agropecuárias tradicionais podem selecionar espécies, diminuindo a ocorrência de plantas importantes para as abelhas que nidifiquem em árvores específicas, em condições limitadas. O cenário da região do Pampa, por sua vez, tem se modificado intensamente nos últimos vinte anos, com aumento do desmatamento e transição para plantio, principalmente soja e eucalipto (ROCHA *et al.*, 2020). Por isso, é importante que medidas conservacionistas sejam adotadas na região, em face da crescente expansão da fronteira agrícola, como forte fiscalização nas propriedades rurais, para garantir a segurança das áreas de preservação permanente e das áreas de reserva legal, como instituído pela Lei nº12.651/12 (BRASIL, 2012).

Ressalta-se, ainda, que algumas das abelhas registradas nesta pesquisa são consideradas boas produtoras de mel de alto valor agregado (OLIVEIRA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2019). Assim, a conservação destes insetos pode passar, também, pela motivação econômica, incentivando a criação destas abelhas em criatórios certificados, para produção de mel, pólen, resinas, própolis, ceras e outros produtos que possam ser comercializados.

Selecting sites for this type of research poses significant challenges. Only eight rural properties were included in this study, unevenly distributed across three municipalities. This limitation reflects the lack of well-established parameters for comparative studies in Rio Grande do Sul, particularly with regard to defining a minimum number of samples required to yield robust comparable results. Thus, there is an urgent need for additional research of this nature to establish appropriate occurrence patterns and sampling protocols.

Although 15 properties were visited, only eight yielded records of native bees, with the remainder excluded from analysis due to the absence of nests. This low sampling success may be related to environmental characteristics of the study area.

The total number of nests recorded ($n=25$) was considerably lower than that reported by Macedo *et al.* (2020) and Martins *et al.* (2004), who registered 60 and 227 nests, respectively. This discrepancy may be due to differences in the sampled environments, namely that the aforementioned studies were conducted in parks, conservation units or on family properties with greater plant cover, while our study focused on areas with reduced forest fragments and greater anthropogenic impact.

The concentration of 76% of the nests in the municipality of Rolador indicates no evident correlation with environmental or agricultural factors, since production systems and landscape structure were homogeneous across the sampled areas. This uneven distribution may therefore be a random variation or reflect subtle, unmeasured differences in the availability of nesting resources.

The land tenure and agricultural context of the Santo Ângelo microregion is particularly noteworthy. The landscape is dominated by large properties dedicated to conventional commodities agriculture, with intensive use of agricultural inputs (ALVES; SILVEIRA, 2008). This production model, combined with the region's high environmental liabilities, such as a 47% deficit in PPAs and 22.41% in legal reserves (Environmental Regularization Reserve, 2025), has resulted in a highly degraded environment. Thus, the scarcity of suitable habitats and ongoing anthropogenic pressure help explain the limited availability of nesting sites on the rural properties surveyed.

A seleção de áreas para este tipo de pesquisa apresenta desafios metodológicos significativos. Neste estudo, foram incluídas apenas oito propriedades rurais, distribuídas de forma não uniforme entre três municípios. Essa limitação reflete a ausência de parâmetros consolidados para estudos comparativos no Rio Grande do Sul, especialmente no que diz respeito à definição de um número mínimo de amostragens necessárias para resultados robustos e comparáveis. Portanto, são urgentes mais pesquisas dessa natureza para estabelecer padrões de ocorrência e protocolos de amostragem adequados.

Embora 15 propriedades tenham sido visitadas, apenas oito apresentaram registros de abelhas nativas, sendo as demais excluídas da análise devido à ausência de ninhos. Esse baixo sucesso amostral pode estar relacionado às características ambientais da região estudada.

O número total de ninhos registrados ($n=25$) mostrou-se substancialmente inferior aos observados em outros estudos, como os de Macedo *et al.* (2020) e Martins *et al.* (2004), que registraram 60 e 227 ninhos, respectivamente. Essa discrepância pode ser atribuída às diferenças nos ambientes amostrados: enquanto os trabalhos citados foram realizados em parques, unidades de conservação ou propriedades familiares com maior cobertura vegetal, a presente pesquisa focou em áreas com fragmentos florestais reduzidos e maior impacto antrópico.

A concentração de 76% dos ninhos no município de Rolador não apresentou correlação evidente com fatores ambientais ou agrícolas, uma vez que os sistemas de produção e a estrutura da paisagem eram homogêneos entre as áreas estudadas. Essa distribuição desigual pode, portanto, representar variação aleatória ou refletir pequenas diferenças não mensuradas na disponibilidade de recursos para nidificação.

O contexto fundiário e agrícola da microrregião de Santo Ângelo merece particular atenção. A paisagem é dominada por grandes propriedades dedicadas à agricultura convencional de *commodities*, com intenso uso de insumos agroquímicos (ALVES; SILVEIRA, 2008). Esse modelo produtivo, somado ao elevado passivo ambiental da região – incluindo 47% de déficit em áreas de preservação permanente (APP) e 22,41% em reserva legal (PAINEL DA REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL, 2025) –, resulta em um ambiente altamente degradado. Consequentemente, a escassez de habitats adequados e a pressão antrópica explicam a baixa disponibilidade de sítios para nidificação nas propriedades rurais estudadas.

CONCLUSIONS

Despite considerable anthropogenic disturbances, stingless bee nests were found in both trees and masonry structures in the agricultural regions surveyed, with two in São Luiz Gonzaga, nineteen in Rolador, and four in Santo Antônio das Missões;

The most abundant bee species were *Tetragonisca fiebrigi* and *Tetragonisca angustula*, commonly known as jataí;

The least frequent bee species were *Scapatotrigona postica* and *Trigona spinipes*;

T. angustula and *T. fiebrigi* were found nesting in masonry, suggesting a degree of resilience to extinction;

The plant species with the highest number of recorded nests were ipê (*Handroanthus albus*) and guajuvira (*Cordia americana*).

CONCLUSÕES

Nas regiões agrícolas, mesmo com interferência antrópica severa, há ocorrência de ninhos de abelhas-sem-ferrão, sendo dois ninhos em São Luiz Gonzaga, dezenove em Rolador e quatro em Santo Antônio das Missões, em árvores e alvenaria;

As espécies de maior abundância são *Tetragonisca fiebrigi* e *Tetragonisca angustula*, chamadas de jataí;

As espécies menos frequentes são *Scapatotrigona postica* e *Trigona spinipes*;

As espécies *T. angustula* e *T. fiebrigi* são encontrados em substratos de alvenaria, sugerindo resiliência à extinção;

As espécies vegetais com maior número de registros foram o ipê (*Handroanthus albus*) e guajuvira (*Cordia americana*).

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALVES, F. D.; SILVEIRA, V. C. P. Evolução das desigualdades regionais no Rio Grande do Sul: espaço agrário, imigração e estrutura fundiária. *Caminhos de Geografia*, v. 9, n. 26, p. 1-15, 2008.
- ANDRZEJEWSKI, C. SANTOS, E. L.; CALLEGARO, R. M.; LONGHI, S. J. Dinâmica de espécies arbóreas em floresta estacional decidual ripária no Noroeste do Rio Grande do Sul. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 5, n. 2, p. 231-238, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5380/biofix.v5i2.71871>
- ARAUJO, S.; WITT, N. G. P. M. Abelhas nativas e a sua adaptabilidade ao ambiente urbano. *Caderno Intersaberes*, v. 9, n. 20, p. 42-52, 2020.
- BERINGER, J.; MACIEL, F. L.; TRAMONTINA, F. F. O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras. *Revista Eletrônica Científica Da UERGS*, v. 5, n. 1, p. 18-27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21674/2448-0479.51.18-27>
- BRASIL. Código Florestal. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a a proteção da vegetação nativa. Câmara dos Deputados.
- BULHÕES, F. K. M. Efeito da floração massiva da soja na atração de abelhas do Cerrado do oeste da Bahia. 2024. 41f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade de Brasília, Brasília.
- DALPIZZOL, J.; VICENTE, D. L. S.; DEMÉTRIO, L.; GOULART, M. M.; AQUINO, M. G. C.; FOCKINK, G.; KANIESKI, M. R. Avaliação de técnicas nucleadoras em uma Área de Preservação Permanente no Planalto Serrano. *Biodiversidade*, v. 20, n. 2, p. 161-180, 2021.
- FERREIRA, D. L. Interações entre *Cupania vernalis* Camb. (Sapindaceae) e insetos antófilos em fragmentos florestais no sul do Brasil. 2010. 64f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FRIGO, D. F. Abelhas-sem-ferrão residentes em dois parques urbanos da cidade de São Paulo. 2024. 86f. Tese (Doutorado em Ciências- Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GOMES, M. A biodiversidade em áreas agrícolas. *Revista Tópicos*, v. 2, n. 15, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14231003>
- HALINSKI, R.; SANTOS, C. F.; KAEHLER, T. G.; BLOCHTEIN, B. Influence of wild bee diversity on canola crop yields. *Sociobiology*, v. 65, n. 4, p. 751-759, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3467>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE. 2022.
- IWASAKI, J. M.; HOGENDOORN, K. How protection of honey bees can help and hinder bee conservation. *Current Opinion in Insect Science*, v. 46, p. 112-118, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.05.005>
- KAUR, A.; MONGA, R. *Eucalyptus* trees plantation: a review on suitability and their beneficial role. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, v. 12, n. 1, p. 16-25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.23910/1.2021.2174>
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, D. P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E. E.; GREENLEAF, S. S.; KEITT, T. H.; KLEIN, A. M.; REGETZ, J.; RICKETTS, T. H. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, v. 10, n. 4, p. 299-314, 2007.
- LOFEU, L.; KOHLSDORF, T. Mais que seleção: o papel do ambiente na origem e evolução da diversidade fenotípica. *Genética na Escola*, v. 10, n. 1, p. 10-19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2015.198>
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras - Vol 1. Nova Odessa – SP: Editora Plantarum. 8 ed. 2020. 384 p.
- MACEDO, C. R. C.; AQUINO, I. D. S.; BORGES, P. D. F.; BARBOSA, A. D. S.; MEDEIROS, G. R. D. Comportamento da nidificação de abelhas melíponas. *Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science*, v. 21, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-58736>

MADELLA-AURICCHIO, C. R. Efeitos da agricultura intensiva da soja e perda de hábitat nas assembleias de abelhas, nordeste do Brasil. 2018. 81f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MARSARO-JÚNIOR, A.L. HALINSKI, R.; BLOCHTEIN, B. Abelhas associadas à cultura da canola em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil: Bees associated with canola crops in Passo Fundo, Rio Grande do Sul state, Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 4, p. 3075-3085, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n4-003>

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 Câmara, RN). **Biota Neotropica**, v. 4, p. 1-8, 2004.

MATTOS, P.P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 319-319, 2010.

MOUSSA, M., STEPHANIE, K. B.; TOUKAM, S. T.; NGAOU, A.; FERNAND-NESTOR, T. F. Agronomic Performances of Compost Associated with Pollinating Insects on the Growth and Yield of *Glycine max* (L.) Merrill under Field Conditions. **Open Journal of Ecology**, v. 12, n. 3, p. 175-197, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4236/oje.2022.123011>

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

OLIVEIRA, K. A. M., RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, G. V. Caracterização microbiológica, físico-química e microscópica de mel de abelhas canudo (*Scaptotrigona depilis*) e jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 15, n. 3, p. 239-248, 2013.

OLIVEIRA, M. L. A. A.; GRINGS, M.; RICHTER, F. S.; LUCAS, D. B.; OLIVEIRA, L. S. Florística, estrutura e fatores edáficos de comunidade arbórea ribeirinha na APA do Rio Ibirapuitã, Alegrete, RS, Brasil. **Pesquisas Botânica**, v. 71, p. 11-28, 2018.

PAINEL DA REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL. Dados gerais para o estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://app.powerbi.com/w?r=eyJrIjoiZmRiM2QwZDQ0YjUxZi00YWI0LWFjNGE0tZTlxNjg1YWFKNmZlIiwidCI6ImViMjJmJmU4LWQ0ZWQ0tNGZmMC04Y2Y2LTl4NmQ2Mjc3OTQ5ZSJ9>. Acesso em: 08/04/2025.

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, n. 7632, p. 220-229, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature20588>

REBOUÇAS, J. S.; SERRA, L. S.; RAMOS, C. E. C. O.; MACHADO, C. S.; CARVALHO, C. A. L. Reuso de embalagem cartonada como ninhos artificiais para nidificação de abelhas sociais (Meliponini) em áreas antropizadas: uma pesquisa exploratória de campo. **Revista Delos**, v. 17, n. 60, p. e2187-e2187, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n60-054>

RADAESKI, J. N.; BAUERMANN, S. G. Contributions to melissopalynology studies in southern Brazil: pollen analysis in the honeys from *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Plebeia remota* and *Plebeia droryana*. **Palynology**, v. 45, n. 3, p. 477-486, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/01916122.2020.1869113>

REMPEL, C.; MORÁS, A. P. B.; BICA, J. B.; HERRMANN, M. F. Flora arbórea e arborecente de áreas de preservação permanente em propriedades rurais produtoras de leite no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas Botânica**, v. 71, p. 29-45, 2018.

ROBINSON, S. V. J.; CARTAR, R. V.; PERNAL, S. F.; WAYTES, R.; HOOVER, S. E. Bee visitation, pollination service, and crop yield in commodity and hybrid seed canola. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 347, p. 108396, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108396>

ROCHA, J.; ROCHA, N. S.; KÄFER, P. S.; CRUZ, R. F. *Eucalyptus* forestry in Brazilian Pampa biome: between developmental illusion and sustainable inefficacy. **Ciência e Natura**, v. 42, n. 35, p. 1-25, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X40990>

SANTOS, E.; MENDOZA, Y.; VERA, M.; CARRASCO-LETÉLIER, L.; DÍAZ, S.; INVERNIZZI, C. Aumento en la producción de semillas de soja (*Glycine max*) empleando abejas melíferas (*Apis mellifera*). **Agrociencia Uruguay**, Montevideo, v. 17, n. 1, p. 81-90, 2013. Disponível em <http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482013000100009&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 27/05/2025.

SANTOS, P. R.; CECÍLIO, R.; ROGGIA, S.; ROSSONI, D. S.; TOLEDO, V. A. A. Africanized honeybee and its contribution to soybean yield in Brazil. **American Journal of Agricultural Research**, v. 4, p. 45, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28933/ajar-2019-01-0905>

SANTOS, L. H.; BARCHUK, A. R.; TEIXEIRA, I. R. V. Abelhas urbanas: As espécies sociais que habitam espaços verdes centrais de Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 12, p. e47121243842-e47121243842, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i12.43842>

SANTOS-FIEIRA, S.; SOUZA, A. F. Estrutura Populacional de *Syagrus romanzoffiana* em uma Floresta Ripícola Sujeita ao Pastejo pelo Gado. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 591-593, 2007.

SOUZA, P. O.; ABREU, P. F. Abelhas nativas sem ferrão em ambiente urbano: publicações nos últimos 10 anos. **Biológica-Caderno do Curso de Ciências Biológicas**, v. 6, n. 1, 2023.

SOUZA, T. H.; LOPES, A. E. P.; PEDRÃO, M. R.; DIAS, L. F. Caracterização físico-química do mel da abelha jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 13, n. 1, p. 2715-2729, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbta.v13n1.6947>

ULLER-GÓMEZ, C.; SCHEIBE, L. F.; REIS, M. J. Agricultura familiar e áreas de preservação permanente: uma análise a partir das representações sociais dos colonos de Botuverá/SC. R. Inter. Interdisc. **INTERthesis, Florianópolis**, v.6, n.1, p. 179-217, 2009.

WITTER, S.; SARMENTO, K. M.; FERREIRA, S.; OLIVEIRA, F. F.; DIAS, F. K. Guia de reconhecimento de abelhas sem ferrão do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2023. 123 p.

ZIMMERMANN, A. P.; RORATO, D. G.; SCHRÖDER, T.; SCHNEIDER, P. R.; DUTRA, A. F. Crescimento de ipê-amarelo na região central do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 443-447, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.80.546>