

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ABELHAS EM ÁREAS VERDES  
E A INFLUÊNCIA DA PAISAGEM NA CIDADE DE  
CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

**SÔNIA GUIMARÃES ALVES**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

JULHO – 2019

ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ABELHAS EM ÁREAS VERDES  
E A INFLUÊNCIA DA PAISAGEM NA CIDADE DE  
CAMPOS DOSGOYTACAZES, RJ

**SÔNIA GUIMARÃES ALVES**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Dra. Maria Cristina Gaglianone

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
JULHO – 2019

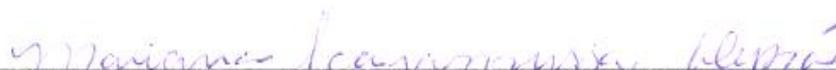
ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ABELHAS EM ÁREAS VERDES  
E A INFLUÊNCIA DA PAISAGEM NA CIDADE DE  
CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

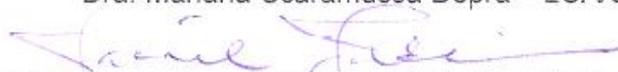
**SÔNIA GUIMARÃES ALVES**

Dissertação apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

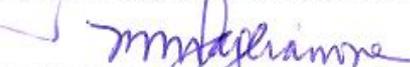
Aprovada em: 18 / 07 / 2019

Comissão Examinadora:

  
Dra. Mariana Scaramussa Deprá – LCA/CBB/UENF

  
Dra. Janie Mendes Jasmim – LFI/CCTA/UENF

  
Dr. Fernando César Vieira Zanella – UNILA/Foz de Iguaçu

  
Dra. Maria Cristina Gaglianone – LCA/CBB/UENF  
(Orientador)

“(...) Tudo que acontece aos animais pode também afetar os homens. Tudo quanto fere a terra fere também os filhos da terra.”

*Cacique Seattle*

*Dedico este trabalho às abelhas,  
que o ambiente urbano possa abrigá-las!*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha orientadora Maria Cristina Gaglianone pela orientação cuidadosa e por ser um exemplo em tantos momentos.

Agradeço à Marcelita Marques pela parceria, que foi muito além do companheirismo de uma colega de laboratório. Eternamente grata por todo apoio neste momento tão delicado, Marcê!

Ao parceiro Caíque Barcellos, meu muito obrigada! Sempre cheio de disposição e bom humor encarando os campos, tornando meus dias mais fáceis.

Aos colegas do laboratório, Maira Coelho pela identificação das abelhas sem ferrão, Wilson Frantine e Mariana Deprá por me ajudarem nos momentos de dúvida e Amanda Faria pela ajuda no campo.

Agradeço à Elizabete Costa, secretária do PPGERN-UENF, pela dedicação e toda ajuda em vários momentos. À Mariana Faitanin, Janie Jasmim e Luana Mauad pela ajuda na identificação das plantas.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais-PPGERN e ao Laboratório de Ciências Ambientais-LCA pela oportunidade de pesquisa e apoio logístico para realização desse trabalho. Aos professores do PPGERN, em especial Ângela Vitória, Marcelo Nogueira e Leandro Monteiro por todo apoio nessa trajetória.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, concedendo a bolsa de mestrado.

À Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes e à direção do Bosque Manoel Cartucho pela permissão para fazer as amostragens do material biológico.

Aos membros da banca avaliadora Dr.Fernando César Vieira Zanella, Dra.Janie Mendes Jasmim e Dra. Mariana Deprá Scaramussa pela disponibilidade em participar da banca e contribuir para o aperfeiçoamento desse trabalho.

Aos companheiros da UENF que deixaram meus dias mais leves e felizes: Vitor Cyrino, Lucas Carneiro, Luana Burg, Anderson Ribeiro, Fernanda Werneck, Gustavo Freitas, Queila Costa, Lázaro Carneiro, Greicy Fernandes, Ellon Aniceto, Ricardo Brioschi, Breno Melado e Amanda Machado.

À minha mãe e irmã, por sempre acreditarem em mim e ao meu marido pelo suporte e apoio incondicional, sem vocês com certeza eu não teria chegado até aqui!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO GERAL.....	4
2.1 Objetivos específicos .....	5
3. HIPÓTESE .....	5
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	5
4.1 Área de estudo.....	5
4.2 Amostragem das abelhas .....	8
4.2.1 Iscas aromáticas.....	9
4.2.2 Rede entomológica.....	10
4.2.3 Caracterização da estrutura das comunidades de abelhas .....	10
4.3 Cobertura vegetal e paisagem .....	11
4.3.1 Paisagem das áreas verdes urbanas .....	11
4.3.2 Entorno das áreas verdes urbanas.....	12
4.4 Análise de dados.....	13
5. RESULTADOS .....	14
5.1 Estrutura da comunidade de abelhas.....	14
5.2 Composição da vegetação e características da paisagem .....	18
5.3 Interações abelhas-plantas .....	25
6. DISCUSSÃO.....	32
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
9. APÊNDICES .....	46

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Delimitação das áreas urbanizadas do município de Campos dos Goytacazes-RJ em km <sup>2</sup> (Fonte: IBGE, DGC/Coordenação de Geografia; IBGE, DGC/Coordenação de Cartografia).....	6
<b>Figura 2</b> - Área urbana de Campos dos Goytacazes com a indicação das áreas verdes urbanas deste estudo (U1 a U14), conforme Tabela 1 (Fonte: Google Earth).....	7
<b>Figura 3</b> - Exemplo de praça (Praça João XXIII – U2), seguindo modelo adotado pela Prefeitura de Campos dos Goytacazes, com a presença de quiosques, quadra e pavimentação com bloquetes de cimento (Fonte: Centro de Informações e Dados de Campos, 2015).....	7
<b>Figura 4</b> - Modelo de armadilha aromática, confeccionada a partir de garrafa PET, utilizada para captura de abelhas Euglossini (Fonte: Ramalho <i>et al.</i> , 2009)..	9
<b>Figura 5</b> - Área urbana de Campos dos Goytacazes com <i>buffers</i> de 500 m traçados a partir do centro dos pontos amostrais desse estudo (Vegetação: vermelho; Corpos d'água: azul) (Imagem: Google Earth Pro, 2019).....	12
<b>Figura 6</b> - Curva de rarefação por indivíduos capturados (abelhas em flores) nas áreas verdes urbanas em Campos dos Goytacazes, RJ.....	17
<b>Figura 7</b> - NMDS da composição de abelhas nas áreas verdes urbanas em Campos dos Goytacazes, RJ (ver códigos das abelhas no Apêndice 1).....	18
<b>Figura 8</b> - Análise dos Componentes Principais (PCA): %IMPENT- percentual de área impermeabilizada no entorno da AVU dentro do <i>buffer</i> de 500 m; %IMPAUV- percentual de área pavimentada da AVU; COBFLO- cobertura de flores; RIQPL- riqueza de plantas; %VERENT- percentual de verde no entorno das AVUs e dentro do <i>buffer</i> de 500 m.....	23
<b>Figura 9</b> - Relação da riqueza e abundância de abelhas com a riqueza de plantas nas áreas verdes urbanas avaliadas em Campos dos Goytacazes, RJ.....	23
<b>Figura 10</b> - Regressão linear entre DAP das árvores encontradas nas áreas verdes urbanas e abundância das abelhas coletadas com rede entomológica e iscas aromáticas em 12 áreas estudadas em Campos dos Goytacazes, RJ.....	24
<b>Figura 11</b> - Regressão linear entre o percentual de área impermeabilizada no entorno das áreas verdes urbanas e a abundância de abelhas que nidificam no solo em Campos dos Goytacazes, RJ.....	24

<b>Figura 12</b> - Abundância de abelhas coletadas em flores nas áreas verdes urbanas (AVUs) em plantas nativas e exóticas. Os números sobre as barras referem-se ao total de espécies vegetais nativas e exóticas de cada AVU, na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.....	26
<b>Figura 13</b> - Abundância de abelhas coletadas nas áreas verdes urbanas (AVUs) em plantas de hábito arbóreo, arbustivo e herbáceo. Os números sobre as barras referem-se ao número de plantas de hábito arbóreo, arbustivo e herbáceo em cada AVU, na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.....	26
<b>Figura 14</b> - Abundância (A) e riqueza (B) de abelhas nas estações seca e chuvosa em cada área verde urbana em Campos dos Goytacazes, RJ.....	27
<b>Figura 15</b> - Redes de interações entre plantas e abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas U1, U2, U3 e U4 (da esquerda para a direita), em Campos dos Goytacazes, RJ. As barras pretas representam as espécies de plantas (esquerda) e de abelhas (direita) e as linhas em cinza as interações entre elas. A espessura das linhas representa a frequência das interações. Lista de códigos de abelhas e plantas utilizados nas redes encontra-se no Apêndice 1.....	29
<b>Figura 16</b> - Redes de interações entre plantas-abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas U5, U6, U7 e U8 (da esquerda para a direita). As barras pretas representam as espécies de plantas (esquerda) e de abelhas (direita) e as linhas em cinza as interações entre elas. A espessura das linhas representa a frequência das interações. Lista de códigos de abelhas e plantas utilizados nas redes encontra-se no Apêndice 1.....	30
<b>Figura 17</b> - Redes de interações entre plantas-abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas U9, U10, U11 e U12 (da esquerda para a direita). As barras pretas representam as espécies de plantas (esquerda) e de abelhas (direita) e as linhas em cinza as interações entre elas. A espessura das linhas representa a frequência das interações. Lista de códigos de abelhas e plantas utilizados nas redes encontra-se no Apêndice 1.....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Denominação e descrição das áreas verdes urbanas de Campos dos Goytacazes-RJ, avaliadas neste estudo.....	8
<b>Tabela 2</b> - Abundância individual, total e relativa (Rel.%) das espécies de abelhas coletadas em cada ponto amostral da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Características Biológicas (C. Biológicas): Comportamento de Nidificação (CN)- Solitário (S), Eussocial (E), Intermediário (I); Local de Nidificação (LN)- Solo (So), Cavidade (C); Especialização Trófica (ET)- Generalista (G), Especialista (E).....	15
<b>Tabela 3</b> - Estimador de riqueza (Chao-1), riqueza amostrada, diversidade (Shannon) e dominância (Berger Parker) de espécies de abelhas amostradas com rede entomológica nas áreas verdes urbanas (AVUs) da cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.....	16
<b>Tabela 4</b> - Espécies vegetais onde foram coletadas abelhas nas áreas verdes urbanas (U1 a U12) em Campos dos Goytacazes-RJ, com a indicação do hábito das plantas (arbustiva-ART; arbórea-ARB; herbácea-HER) e recurso floral oferecido: P (pólen), N (néctar) e O (óleo).....	19
<b>Tabela 5</b> - Características da paisagem dentro e no entorno das áreas verdes urbanas (AVUs) estudadas em Campos dos Goytacazes, RJ.....	22
<b>Tabela 6</b> - Parâmetros das redes de interações entre plantas e abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas (AVUs) em Campos dos Goytacazes, RJ.....	28

## RESUMO

Áreas urbanas são ambientes amplamente modificados, constituídas em grande parte por solos impermeabilizados, vegetação nativa fragmentada ou suprimida, grande número de espécies exóticas, altas temperaturas e poluição. No entanto, as áreas verdes urbanas (AVUs), como praças, bosques e jardins, podem ser espaços amigáveis para as abelhas e funcionar como refúgios com condições de forrageamento e nidificação semelhantes ao seu habitat natural. As características antrópicas alteram a estrutura da comunidade de abelhas pela falta de recursos para alimentação e de locais de nidificação. O objetivo desse estudo foi descrever a estrutura da comunidade de abelhas em áreas verdes urbanas na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ, e analisar a influência das paisagens sobre os parâmetros dessa comunidade. Entre novembro de 2017 e outubro de 2018 foram realizadas quatro amostragens em cada uma das 14 AVUs estudadas em Campos dos Goytacazes. As abelhas visitantes florais foram capturadas com rede entomológica por dois coletores, entre 7h e 13h, e as abelhas Euglossini com o uso de armadilhas com iscas aromáticas instaladas entre 7h e 11h. Os parâmetros da paisagem das AVUs e do entorno avaliados foram a cobertura de flores, o diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores, a área impermeabilizada das AVUs e do entorno e a área de cobertura vegetal do entorno. As abelhas foram registradas em 84 espécies de plantas (33 arbóreas, 14 arbustivas e 37 herbáceas), das quais 46% são exóticas. A riqueza de plantas em florescimento por área variou entre sete e 18 espécies e valores medianos de DAP variaram entre 0,7 e 1,98cm. No total, 4342 abelhas de 41 espécies foram coletadas, sendo 82% com hábito de nidificação em cavidades preexistentes e 12% de escavação no chão; 80% das espécies de abelhas são generalistas quanto ao hábito de forrageio e 20% especialistas. As abelhas mais abundantes foram: *Apis mellifera* (38%), *Trigona spinipes* (20%) e *Plebeia droryana* (12%). A análise NMDS mostrou agrupamento de áreas com maior similaridade na composição de espécies de abelhas, influenciada pelas características das AVUs como grau de impermeabilização, DAP e proximidade geográfica. A abundância de abelhas foi positivamente relacionada com a riqueza de plantas ( $R^2=0,318$ ,  $p<0,001$ ), a cobertura de flores ( $R^2=0,452$ ,  $p<0,05$ ) e o DAP médio das árvores ( $R^2=0,507$ ,  $p<0,05$ ). A influência da impermeabilização do entorno foi significativa quando relacionada com a guilda de abelhas que nidificam no solo ( $R^2=0,359$ ;  $p<0,05$ ). A alta abundância de *Apis mellifera* e de *Trigona spinipes* segue padrão verificado em outros trabalhos em área urbana e pode ser explicada pelo comportamento eussocial destas espécies e hábito supergeneralista no uso de recursos. Os resultados desse estudo corroboram outras pesquisas que mostram a importância da riqueza de plantas e da abundância de recursos florais para a manutenção da comunidade de abelhas nas áreas verdes urbanas nas cidades. A presença de árvores e a disponibilidade de áreas de solo exposto também devem ser consideradas pelos projetos paisagísticos urbanos, a fim de garantir local de nidificação e recursos alimentares para possibilitar uma maior diversidade de abelhas em área urbanas.

**Palavras-chave:** Apoidea, Composição Vegetal, Redes de Interações, Urbanização.

## ABSTRACT

Urban areas are largely modified environments, consisting largely of waterproofed, fragmented or suppressed native vegetation, large numbers of exotic species, high temperatures and pollution. However, urban green areas (UGAs) such as squares, woods and gardens, can be bee-friendly spaces and function as refuges with foraging and nesting conditions similar to their natural habitat. These characteristics alter the structure of the bee community by lack of resources for food and nesting sites. The objective of this study was to describe the structure of the bee community in urban green areas in Campos dos Goytacazes-RJ, and to analyze the influence of landscapes on community parameters. Between November 2017 and October 2018, four samplings were performed in each of the 14 UGAs studied in Campos dos Goytacazes. The floral visiting bees were captured with entomological net by two collectors, between 7h and 13h and the Euglossini bees with the use traps with aromatic baits installed between 7h and 11h. The landscape parameters of the UGAs and surrounding areas evaluated were flower cover, diameter at breast height (DBH) of trees, the waterproofed area of the UGAs and the surrounding area and the vegetation cover area. Bees were recorded in 84 plant species (33 tree, 14 shrub and 37 herbaceous), of which 46% are exotic. Flowering plant richness per area ranged from seven to 18 species and median DBH values ranged from 0.7 to 1.98cm. A total of 4342 bees from 41 species were collected, 82% of them with nesting habits in pre-existing cavities and 12% of ground excavation; 80% of bee species are generalists and 20% specialists in the foraging habit. The most abundant were: *Apis mellifera* (38%), *Trigona spinipes* (20%) and *Plebeia droryana* (12%). NMDS analysis showed clustering of areas with greater similarity in the composition of bee species, influenced by the characteristics of UGAs such as waterproofing degree, DBH and geographical proximity. The abundance of bees were positively related to plant richness ( $R^2=0.318$ ,  $p < 0.001$ ), flower cover ( $R^2=0.452$ ,  $p < 0.05$ ) and mean DBH of trees ( $R^2=0.507$ ,  $p < 0.05$ ). The influence of the surrounding waterproofing was significant when correlated with the guild of ground nesting bees ( $R^2=0.359$ ;  $p < 0.05$ ). The high abundance of *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* follows a pattern found in other works in the urban area and can be explained by the eussocial behavior of these species and the supergeneralist habit of resource use. The results of this study corroborate other research showing the importance of plant richness and abundance of floral resources for the maintenance of the bee community in the urban green areas in cities. The presence of trees and the availability of exposed soil areas should also be considered by urban landscape projects in order to ensure nesting site and food resources to enable greater bee diversity in urban areas.

**Keywords:** Apoidea, Urbanization, Network Interaction, Vegetal composition.

## 1. INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo que gera grandes transformações do ambiente natural, resultando principalmente na perda da biodiversidade de espécies animais e vegetais que ocorria originalmente no local (Seto *et al.*, 2013). As cidades combinam espaços de ocupação humana com vegetação urbana, em áreas verdes ou praças, e muitas vezes podem ocorrer manchas de vegetação nativa. Com isso, a estrutura das comunidades bióticas nas áreas urbanas frequentemente é distinta comparada à que ocorriam originalmente no local (Cadenasso *et al.*, 2007; Shochat *et al.*, 2010). A compreensão das transformações na estrutura dessas comunidades bióticas e das variáveis envolvidas neste processo é imprescindível para a conservação da biodiversidade nas áreas urbanas (Banaszak-Cibicka & Zmihorski, 2012; Fortel *et al.*, 2014).

Na maioria dos casos a urbanização suprime a vegetação nativa ou a restringe a pequenos fragmentos rodeados por áreas pavimentadas, gramíneas e áreas degradadas, afetando fortemente as comunidades bióticas (Marzluff & Ewing, 2001; Cane *et al.*, 2006). A vegetação nos fragmentos urbanos sofre outras alterações que levam à perda de sua complexidade (Savard *et al.*, 2000), através de processos como a substituição de espécies nativas por espécies exóticas ou a retirada de arbustos, lianas e madeira para a manutenção das áreas comerciais e residenciais (Marzluff & Ewing, 2001; Gonget *et al.*, 2013).

A transformação do ambiente provocada pela urbanização tornou-se mais intensa a partir do ano de 2008 (Seto *et al.*, 2010) quando a população mundial urbana passou a ser maior que a população rural, dando início à urbanização contemporânea. A característica principal da urbanização contemporânea é a rapidez com que as áreas urbanizadas aumentam em função do crescimento populacional humano. Como consequência, os impactos negativos sobre o meio ambiente também foram significativos e rápidos (Seto *et al.*, 2010; Nações Unidas, 2014). Essa rapidez do crescimento das áreas urbanas e de seus efeitos é ocasionada pela lógica de governabilidade baseada exclusivamente em soluções tecnológicas para a gestão urbana. Essa forma de governarem prol do desenvolvimento urbano, muitas vezes não considera a conservação das fontes de água, dos alimentos, da diversidade biológica e dos serviços ecológicos prestados nesses sistemas. O solo impermeabilizado e as

construções de concreto das cidades retêm altas temperaturas e formam ilhas de calor, que modificam os padrões de precipitação e também alteram a vegetação e os animais (Seto *et al.*, 2013).

Entre os animais afetados pelas alterações na paisagem urbana estão as abelhas (Hymenoptera, Apoidea) (Wilcox & Murphy, 1985; Zhao, 2006; Potts *et al.*, 2010). A maioria das espécies de abelhas apresenta ciclo de vida curto e alta sensibilidade às mudanças de temperatura, luminosidade e umidade, respondendo às alterações provocadas pela urbanização (Hamblin *et al.*, 2018). As abelhas são influenciadas diretamente pela disponibilidade de recursos vegetais no ambiente, em grande parte pela sua dependência pelas plantas para a construção e provisionamento dos ninhos (Roubik, 1989; Cane *et al.*, 2006; Morato & Martins, 2006). A vegetação fornece substratos como troncos e ocos de árvores para nidificação e suas flores como fontes de recursos como néctar, pólen, óleos e resina para as abelhas. A dependência exclusiva das flores como fontes de recursos alimentares leva as abelhas a atuarem na polinização da maioria das espécies de plantas nativas, exóticas e cultivadas (Michener, 2007).

A interação planta-abelha através da polinização é uma relação mutualística importante capaz de fornecer serviços ecossistêmicos como a manutenção da biodiversidade, da composição florística e a produção de alimentos. Essa relação garante não apenas a diversidade das plantas através da sua reprodução, mas também recursos para as abelhas e outras espécies de animais (Westrich, 1996; Imperatriz-Fonseca, 2004).

Os recursos disponíveis em um local são determinantes na diversidade de abelhas, uma vez que estas espécies variam nas suas características biológicas e possuem diferentes hábitos e para coletar recursos das flores (Westrich, 1996). O grau de especialização ou generalização na escolha dos recursos também é variável entre as espécies de abelhas. As abelhas que interagem com várias espécies de plantas para coletar pólen de suas flores, são chamadas de amplamente poliléticas (generalistas). Enquanto que abelhas que restringem a coleta de pólen a poucas espécies do mesmo gênero ou de uma mesma espécie de planta são chamadas oligoléticas (especialistas) (Cane & Sipes, 2006).

As abelhas também variam quanto ao local de nidificação, construindo ninhos no solo, em cavidades preexistentes em ocos em troncos e galhos de árvores, construções humanas como muros e postes ou ainda expostos (Roubik, 1989). As espécies de

abelhas também diferem quanto aos graus de socialidade, que variam de solitário a altamente eussocial. Uma abelha solitária faz seu ninho, revestindo suas células de cria e provisionando-as com alimento suficiente para o crescimento larval. Depois de ovipositar, a fêmea fundadora do ninho fecha a célula e constrói novas células e/ou novos ninhos. Normalmente a fêmea fundadora morre antes da emergência de seus descendentes, não havendo contato e sobreposição de gerações. Em espécies de abelhas com grau intermediário de socialidade (parassocial), algumas fêmeas dividem o ninho e cada uma delas oviposita, sendo que a cooperação e o contato entre as gerações podem ou não acontecer. Já as abelhas eussociais, vivem em colônias com muitos indivíduos onde há divisão de castas bem definidas, em que abelhas operárias trabalham para alimentar a abelha rainha e provisionar suas células de cria (Michener, 1969).

Diante disso, essas diferentes características funcionais das abelhas determinam a forma como estes insetos interagem com o ambiente e a maneira como toleram as modificações (Steneck & Dethier, 1994). As abelhas sociais, por exemplo, forrageiam em grupos e conseguem coletar uma grande quantidade de recursos rapidamente. Em locais com pouca diversidade de recursos essas abelhas sociais são usualmente beneficiadas quando comparadas com as abelhas solitárias. Assim, para estudos ecológicos, agrupar as abelhas por características funcionais pode fornecer dados que aumentam a eficiência do manejo e da conservação das espécies de abelhas e plantas (Normandin *et al.*, 2017).

Além da urbanização, o declínio na abundância e riqueza de abelhas é atribuído à expansão das áreas agrícolas, utilização extensiva de agrotóxicos e efeitos deletérios de patógenos (Ollerton *et al.*, 2014). Diante desse quadro, outros estudos concluíram que as áreas verdes urbanas podem ser espaços amigáveis para as abelhas (Senapathiet *al.*, 2017) e funcionar como refúgio com condições de forrageamento e nidificação semelhante ao seu habitat natural (Banaszak-Cibicka & Żmihorski, 2012; Fortel *et al.*, 2014; Theodorou *et al.*, 2016; Levée *et al.*, 2019).

As áreas verdes urbanas são manchas de vegetação dentro das cidades, onde o uso do solo é moderado, não há aplicação de agrotóxicos e há uma maior riqueza de vegetação, quando comparadas com áreas agrícolas. A vegetação nessas áreas urbanas pode ser nativa ou inserida através de projetos paisagísticos que podem produzir um ambiente mais heterogêneo. Essas características das áreas verdes apresentam potencial para oferecer locais de nidificação, forrageamento e fontes de

outros materiais para as abelhas (McFrederick & LeBuhn, 2006). O tamanho das áreas verdes varia de grandes parques a pequenos jardins residenciais e corredores de vegetação nas avenidas, terrenos baldios ou tetos verdes. A proximidade e a conectividade entre praças, bosques e jardins urbanos, por exemplo, favorecem o aumento da riqueza de espécies de abelhas nas cidades, favorecendo a possibilidade de dispersão entre as áreas, principalmente para abelhas de pequeno porte e com menor capacidade de vôo (McKinney, 2006; Banaszak-Cibicka *et al.*, 2016). Além disso, as pequenas áreas verdes podem funcionar como corredores ecológicos, conectando manchas de vegetação para a distribuição das abelhas (Dover & Settele, 2009; Dearborn & Kark, 2010).

Poucos estudos trataram sobre comunidades de abelhas em áreas urbanas no Brasil. Entre estes trabalhos, Taura (1990) estudou as abelhas em uma área restrita no centro da cidade de Curitiba, local sujeito às alterações antrópicas constantes, e comparou seus resultados com um levantamento feito 12 anos antes no mesmo local de estudo. Em outro trabalho, Martins *et al.* (2013) avaliaram temporalmente a comunidade de abelhas no aeroporto de São José dos Pinhais, também no Paraná. Nesses dois trabalhos, os autores observaram o declínio na riqueza e abundância das abelhas ao longo dos anos de estudo. Martins *et al.* (*op. cit.*) relacionaram estas alterações sobre a comunidade de abelhas com a intensa ocupação do solo por construções e a falta de áreas verdes como as principais responsáveis pelo declínio das populações de abelhas na região sul do Brasil.

A previsão para o ano de 2050 é que cerca de 60% da população mundial esteja vivendo em áreas urbanas (Nações Unidas, 2014). Isso representa uma grande mudança na paisagem existente atualmente e um grande desafio para a sobrevivência das plantas e animais nesses ambientes. Assim, conhecer de que forma as comunidades de abelhas se estruturam nas áreas urbanas e como a paisagem influencia essa estrutura pode contribuir para o manejo e estratégias de preservação da biodiversidade.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Descrever a estrutura da comunidade de abelhas em áreas verdes urbanas na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ e analisar a influência de variáveis da paisagem sobre os parâmetros da comunidade.

## **2.1 Objetivos específicos**

- Identificar as espécies vegetais e os recursos florais disponíveis para abelhas em áreas verdes urbanas;
- Descrever os parâmetros de estrutura da comunidade como a composição e a diversidade de abelhas nas áreas verdes urbanas inseridas em diferentes paisagens da área de estudo;
- Caracterizar a paisagem dentro e no entorno das áreas verdes urbanas;
- Avaliar a influência de características da paisagem das áreas verdes e o entorno sobre a comunidade de abelhas.

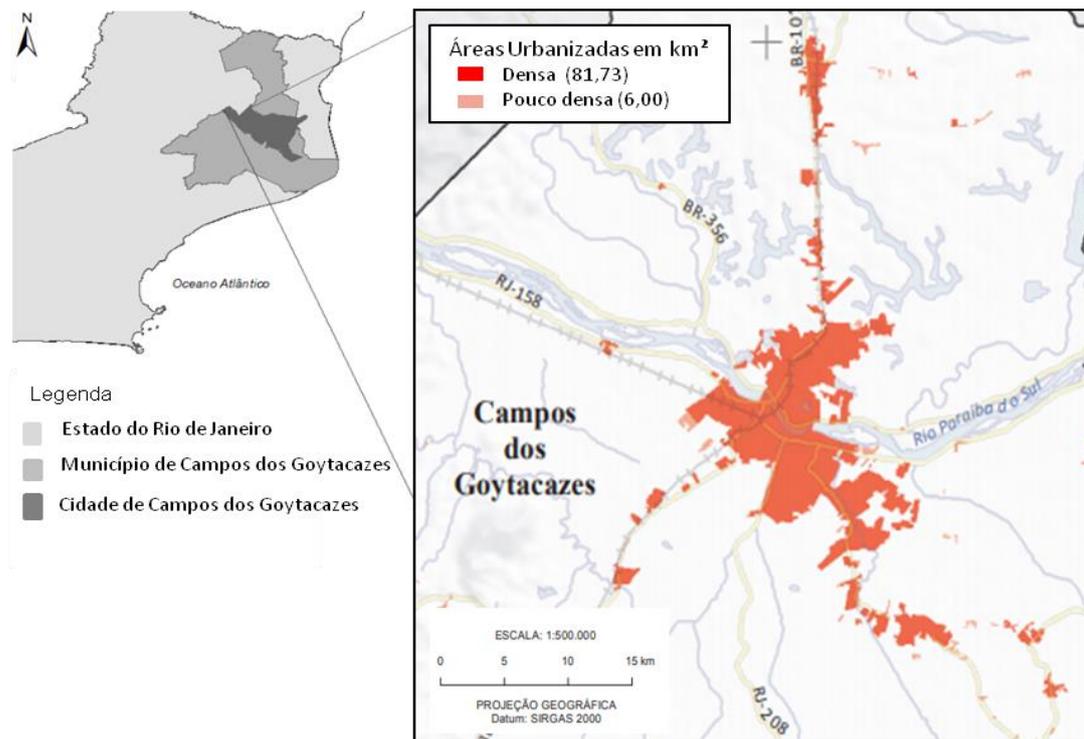
## **3. HIPÓTESE**

O percentual de áreas impermeabilizadas e a riqueza de espécies de plantas no interior e no entorno das áreas verdes urbanas são fatores que influenciam a riqueza e a abundância da comunidade de abelhas. Maior diversidade de abelhas é esperada em áreas urbanas com menor densidade populacional e com menor área pavimentada (Hall *et al.*, 2017).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

Este estudo foi conduzido na cidade de Campos dos Goytacazes, o maior município do interior do estado do Rio de Janeiro com aproximadamente 4.037 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018) e área urbana de 87,73 km<sup>2</sup> (Figura 1). A população total do município é de cerca de 500 mil habitantes dos quais aproximadamente 85% vivem na área urbana (IBGE, 2019).



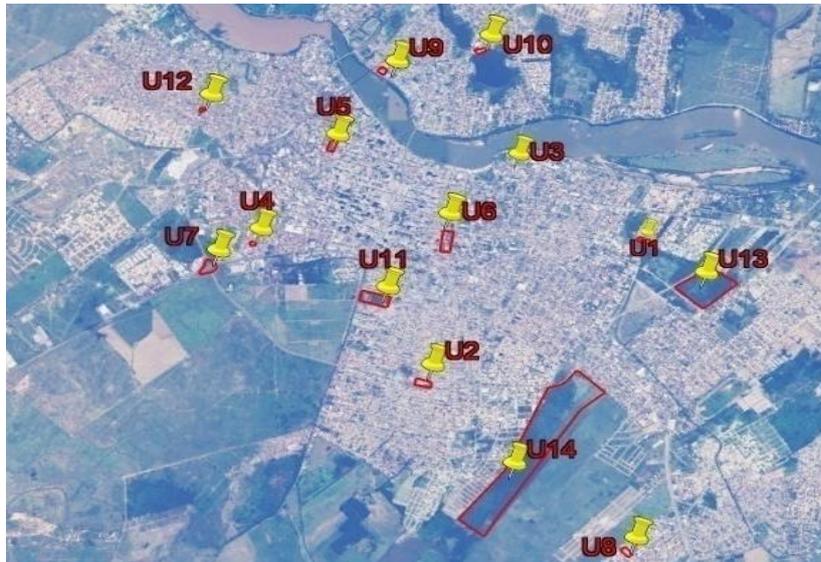
**Figura 1** - Delimitação das áreas urbanizadas do município de Campos dos Goytacazes-RJ em km<sup>2</sup> (Fonte: IBGE, DGC/Coordenação de Geografia; IBGE, DGC/Coordenação de Cartografia).

O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger (1928) é do tipo AW tropical quente e úmido com inverno seco (abril a setembro) e verão chuvoso (outubro a março) com precipitação pluviométrica anual média entre 800 e 1200 mm. A temperatura média em torno de 26°C nos meses mais quentes e 19°C nos meses mais frios.

O município de Campos dos Goytacazes foi fundado em 1835 e cresceu impulsionado pela monocultura canavieira. A partir de 1950, com o declínio da indústria do açúcar, a área urbana desse município cresceu rapidamente construída sobre as terras sem vegetação deixadas pelo cultivo da cana de açúcar. A maior parte da vegetação encontrada na área urbana é resultado de plantios públicos e privados em locais específicos (Pedlowski *et al.*, 2002), que foram sendo modificados ao longo do tempo.

A seleção dos pontos amostrais foi feita a partir da marcação em uma imagem aérea do Google Earth da cidade de Campos dos Goytacazes e a validação da presença de vegetação no local. Foram selecionadas 14 áreas verdes urbanas (AVUs), incluindo duas maiores manchas de vegetação espontânea (identificadas nesta dissertação como Mondrian-U13 e Alphaville-U14) (Figura 2; Tabela 1).

Das 12 praças estudadas nesse trabalho, seis são praças que seguem um modelo adotado pela prefeitura municipal de Campos dos Goytacazes. Neste modelo são utilizados blocos de cimento para pavimentar grande parte da praça e a vegetação fica restrita a canteiros. Esse modelo inclui construções como quadras cobertas e quiosques (Figura 3).



**Figura 2** - Área urbana de Campos dos Goytacazes com a indicação das áreas verdes urbanas deste estudo (U1 a U14), conforme Tabela 1 (Fonte: Google Earth).



**Figura 3** - Exemplo de praça (Praça João XXIII – U2), seguindo modelo adotado pela Prefeitura de Campos dos Goytacazes, com a presença de quiosques, quadra e pavimentação com bloquetes de cimento (Fonte: Centro de Informações e Dados de Campos, 2015).

**Tabela 1** - Denominação e descrição das áreas verdes urbanas de Campos dos Goytacazes-RJ, avaliadas neste estudo.

AVU	Classificação/ nome	Bairro	Área aprox. (m <sup>2</sup> )	Localização (coord. Geográficas)		Descrição
U1	Pç. Jofre Maia	Horto	8,501	21°25'3,70"S	42° 0'47,50"O	Impermeabilizada com canteiros de arbustivas e ruderais. Árvores frutíferas e divisa com área verde. Bairro tranquilo com pouca movimentação de automóveis
U2	Pç. João XXIII	IPS	7,881	21°46'49,30"S	41°19'27,45"O	Impermeabilizada com quadras, quiosque e Igreja. Canteiros com arbustivas e árvores. Muita movimentação de automóveis
U3	Pç. da Lapa	Lapa	3,963	21°45'22,21"S	41°18'52,06"O	Impermeabilizada , com quadra coberta , quiosques e campo de volei de areia. Praça de esquina com grande movimentação de automóveis . Canteiro com ruderais , poucas espécies de arbóreas e algumas arbustivas. Localizado a 250m do Rio Paraíba do Sul.
U4	Pç. Santo Amaro	P. Santo. Amaro	3,948	21°45'49,15"S	41° 20'29,55"O	Impermeabilizada com quadra, quiosques e parque. Canteiros com arbustivas e árvores. Próxima a avenida com grande movimentação de automóveis e a área verde
U5	Jardim do Liceu	Centro	8,033	21°45'9,77"S	41° 19'58,78"O	Pouca impermeabilização , com chão coberto com pedras de granito e canteiros com ruderais, arbustivas e árvores. Muita movimentação de pessoas e automóveis .
U6	J.São Benedito	Centro	31,235	21°45'49,96"S	41°19'17,53"O	Pouca impermeabilização , com chão batido e gramínea. Canteiros com arbustivas e árvores. Muita movimentação de pessoas e automóveis .
U7	J. do Contorno	Contorno	20,791	21°45'58,88"S	41° 20'46,38"O	Sem impermeabilização , com gramínea, ruderais, arbustivas e arbóreas principalmente palmeiras ornamentais Muita movimentação de automóveis . rotatória na Br. 101
U8	Pç. Imperial	P. Imperial	9,752	21°48'0,64"S	41°18'16,69"O	Impermeabilizada com quadras, quiosque e parque. Canteiros com arbustivas e poucas árvores. Pouca movimentação de pessoas e automóveis.
U9	Pr. Santo Antonio	Guarus	6,257	21°44'40,20"S	41°19'39,20"O	Impermeabilizada com quadras. Canteiros com poucas árvores. Pouca movimentação de pessoas e muita de circulação de automóveis. Fica a 15 m do rio Paraíba do Sul
U10	Pq. Lagoa Vigário	Guarus	4,189	21°44'34,87"S	41°19'3,48"O	Pouca impermeabilização área coberta de gramínea com algumas ruderais e poucas árvores. O parque fica na margem da lagoa do vigário .
U11	Bosque Manoel Cartucho	P. Rosário	44,379	21°46'14,45"S	41°19'43,59"O	Pouca impermeabilização com muitas árvores, algumas ruderais e arbustivas. Movimentação de pessoas.
U12	Pç. Esperanto	P. Universitário	1,509	21°44'53,68"S	41°20'47,23"O	Impermeabilizada, canteiros com poucas árvores e ruderais. Próxima a avenida com movimentação de automóveis.
U13	Mancha de vegetação	Mondrian	174,432	21°46'15,02"S	41°17'44,56"O	Mancha de vegetação espontânea sem impermeabilização
U14	Mancha de vegetação	Alphaville	749,191	21°47'29,10"S	41°18'58'40"O	Mancha de vegetação espontânea sem impermeabilização

## 4.2 Amostragem das abelhas

As abelhas foram amostradas nas 14 AVUs quatro vezes no período de outubro de 2017 a setembro de 2018, sendo duas vezes na estação chuvosa (outubro, novembro, dezembro/17 e fevereiro/18) e duas vezes na estação seca (maio, junho/18 e agosto e setembro/18) em cada ponto. As amostragens foram feitas com iscas aromáticas e rede entomológica, como descrito nos tópicos 2.2.1 e 2.2.2. As abelhas amostradas com as duas metodologias foram levadas ao laboratório, montadas individualmente em alfinetes entomológicos, identificadas e depositadas na Coleção de Zoologia do Laboratório de Ciências Ambientais do Centro de Biociências e Biotecnologia da UENF. A identificação taxonômica das abelhas foi feita no menor nível específico possível, através de comparações com as abelhas depositadas na coleção entomológica e utilizando-se chaves taxonômicas (Silveira *et al.*, 2002; Nemésio, 2009).

Em todas as amostragens a vegetação com flores foi registrada e mensurada como descrito no tópico 4.3.1.

#### 4.2.1 Iscas aromáticas

Armadilhas aromáticas foram utilizadas para amostragem da comunidade de abelhas Euglossini, conforme Ramalho *et al.* (2009) (Figura 4). A cada amostragem, foram instaladas três armadilhas contendo eucaliptol, em cada AVU (U1 a U14) com distância mínima entre elas de 5m, que ficaram expostas entre 7h e 11h. Para definir horário de exposição das armadilhas foram feitas amostragens prévias, que demonstraram ser esse o intervalo do período de maior captura das abelhas nas armadilhas. A essência foi colocada em chumaço de algodão no momento da instalação, sem reposição.

A essência aromática Eucaliptol foi utilizada por ser considerada a essência mais atrativa para machos de Euglossini na Mata Atlântica, conforme verificado em outros trabalhos realizados no estado do Rio de Janeiro (Ramalho, 2006; Aguiar, 2007). As abelhas coletadas foram depositadas em um pote mortífero com acetato de etila.



**Figura 4** - Modelo de armadilha aromática, confeccionada a partir de garrafa PET, utilizada para captura de abelhas Euglossini (Fonte: Ramalho *et al.*, 2009).

#### **4.2.2 Rede entomológica**

As coletas com rede entomológica foram feitas por dois coletores, que percorreram as 12 AVUs (U1 a U12). As áreas U13 e U14 não foram amostradas com rede entomológica, devido a problemas logísticos de segurança para a permanência nestas áreas ao longo do dia. Os dois coletores percorriam as áreas em busca de flores. Esse trajeto onde as flores eram encontradas era percorrido em três períodos de cerca de uma hora cada, entre 7h e 13h. As flores encontradas eram observadas entre 10 e 15 minutos, as abelhas avistadas nas flores eram capturadas e transferidas para frascos com acetato de etila, etiquetadas, separadas por data, horário e planta hospedeira para serem planilhadas, montadas e identificadas no laboratório. Com base em literatura específica, as espécies de abelhas identificadas foram classificadas por: 1) local de nidificação (solo ou cavidade preexistente); 2) comportamento social (solitário, intermediário, eussocial); 3) especialização trófica (generalista, especialista). Para espécies para as quais não foram encontradas informações sobre estas características, utilizou-se a informação de espécie ou gênero mais próximo. A maioria das informações biológicas foram baseadas em Michener (2007) e Martins *et al.* (2013).

Os dados relativos à temperatura (máxima e mínima), dos dias de coletas foram aferidos durante o período de amostragem (7h às 13h), com termohigrômetro instalado no tronco de árvores ou em arbustos no centro das AVU na altura entre 1 m e 1,80 m.

#### **4.2.3 Caracterização da estrutura das comunidades de abelhas**

A comunidade de abelhas foi descrita pelos seguintes atributos: composição, riqueza observada e estimada, diversidade de espécies (índice Shannon-Wiener), dominância (Berger-Parker). A dominância foi calculada para todas as abelhas amostradas com rede entomológica e também retirando as espécies supergeneralistas a fim de permitir a análise da influência dessas abelhas na comunidade. Para estimar a riqueza de cada área foi utilizado o estimador Chao-1 baseado na abundância das abelhas. Os índices foram calculados no programa Past versão 2.14 (Hammer *et al.*, 2001).

### **4.3 Cobertura vegetal e paisagem**

Para determinar quais variáveis influenciam na riqueza e abundância de espécies nas AVUs, foram selecionadas variáveis dentro da AVUs em um raio de 500 m ao redor da AVU (Makinson *et al.*, 2017; Plascencia & Philpott, 2017). O raio de 500 metros foi escolhido porque prediza cobertura de vôo da maioria das espécies de abelhas de pequeno porte (Gathmann & Tscharrntke, 2002).

#### **4.3.1 Paisagem das áreas verdes urbanas**

Para avaliar a influência da paisagem na comunidade de abelhas, esta pesquisa considerou aspectos como o tamanho da AVU medido em m<sup>2</sup>, o hábito das plantas (herbáceas, arbustivas ou arbóreas), riqueza de espécie das plantas visitadas por abelhas, cobertura de flores, DAP de todas as árvores com mais de 30 cm de diâmetro e total de área impermeabilizada. Esses parâmetros foram escolhidos por estarem associados à história de vida das abelhas e às suas características biológicas. Como por exemplo, o DAP das árvores pode ser preditor de local de nidificação e fonte de recursos para algumas espécies de abelhas (Martins *et al.*, 2004). Árvores com a circunferência maior que 30 cm, por exemplo, tem potencial para abrigar ninhos de abelhas sem ferrão (Cortopassi-Laurino, 2009). Por outro lado, grandes áreas impermeabilizadas restringem a área potencial de nidificação para abelhas que constroem seus ninhos no solo (Stagollet *et al.*, 2012).

As espécies vegetais onde foram capturadas as abelhas foram identificadas no menor nível taxonômico possível com auxílio da literatura especializada (Lorenzi 1992, 1998) e do projeto Flora Brasil (FloraBrasil, 2019). As identificações foram feitas com base em fotografias e exsicatas. Todas as espécies foram classificadas nas seguintes categorias: nativa no Brasil ou exótica, hábito (herbácea, arbustiva, arbórea), oferta de néctar, pólen ou óleo (RCPol, 2016; FloraBrasil, 2019).

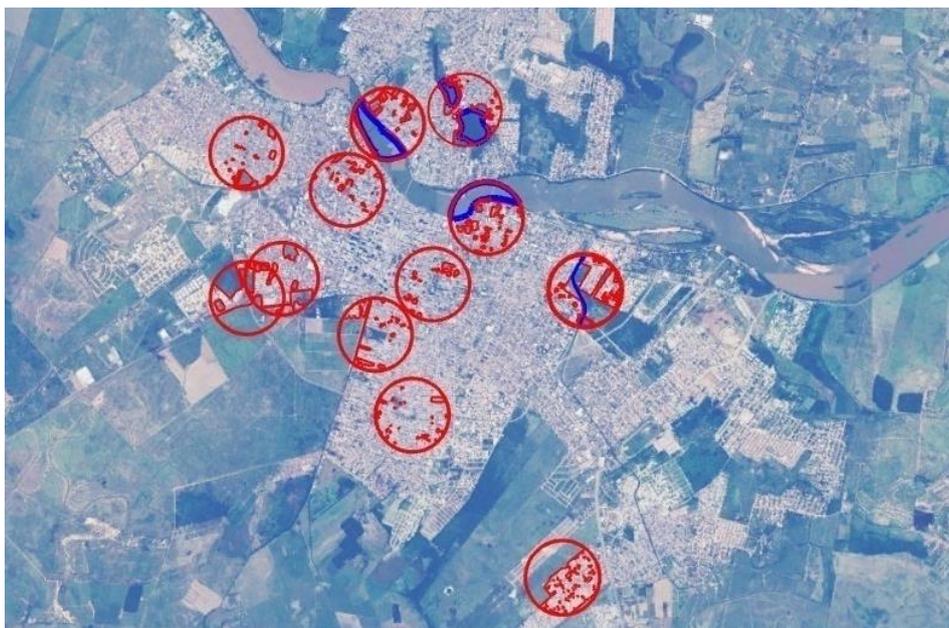
Além disso, a cobertura de flores foi mensurada para todas as espécies em florescimento nos dias de amostragem de abelhas. Para isso, a área ocupada pela planta era medida com trena, desse total era estimado qual o percentual coberto pelas flores. Para cada dia de amostragem foi feita a soma das áreas de cobertura de todas as espécies em florescimento para cada área amostral que, foram utilizadas nas regressões lineares. A média entre estes valores totais, obtidos em cada um dos quatro

dias de amostragem, foi considerada como uma estimativa de cobertura de flores para cada área amostral.

Em cada AVU, áreas de solo impermeabilizado foram medidas utilizando a ferramenta polígono do Google Earth. O DAP de todas as espécies arbóreas com a circunferência acima de 30 cm foi medido. Com auxílio de uma fita métrica foi tomada a medida de circunferência à altura do peito (CAP), a 1,30m. Os valores de CAP foram transformados em diâmetro à altura do peito (DAP) através da fórmula  $DAP = CAP/\pi$  (Encinas *et al.*, 2002).

#### 4.3.2 Entorno das áreas verdes urbanas

Para a análise da paisagem no entorno das AVUs foram consideradas as seguintes variáveis: área verde ou solo exposto e área pavimentada. A partir do centro de cada uma dessas 12 áreas de estudo, foram traçados raios (*buffers*) de 500m de amplitude (Figura 5). A área ocupada dentro de cada *buffer* por vegetação ou solo exposto e por corpos d'água foi medida com a ferramenta polígono do Google Earth Pro (2019). Para o cálculo da área total pavimentada da área, os valores da área de vegetação, corpos d'água e da AVU de cada raio foram somados e subtraídos da área total do *buffer*.



**Figura 5**-Área urbana de Campos dos Goytacazes com *buffers* de 500 m traçados a partir do centro dos pontos amostrais desse estudo (Vegetação: vermelho; Corpos d'água: azul) (Imagem: Google Earth Pro, 2019).

#### 4.4 Análise de dados

Os valores de riqueza e diversidade de abelhas nas AVUs foram comparados através do cálculo de curvas de rarefação. As curvas foram construídas com base no número de espécies de abelhas em função da amostragem, a partir de 1000 aleatorizações e com intervalos de confiança a 95% de probabilidade. Para verificar se as comunidades de abelhas entre as AVUs foram similares na sua composição, foi feita uma ordenação NMDS (Escalonamento Multidimensional Não Métrico). As análises foram realizadas utilizando o índice Bray-Curtis como medida de dissimilaridade.

Regressões lineares foram utilizadas para associar a riqueza de plantas à riqueza e abundância de abelhas, associando os atributos da comunidade de abelhas às métricas da paisagem. Essas análises foram realizadas no programa Past versão 2.14 assumindo nível de significância de 95% (Hammer *et al.*, 2001).

A fim de determinar as variáveis ambientais mais explicativas para a distinção das AVUs, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) com as características: área pavimentada, DAP das árvores, riqueza de plantas e cobertura de flores; e com variáveis do entorno: área verde ou solo exposto e área pavimentada. Essas análises foram feitas no programa Past versão 2.14 (Hammer *et al.*, 2001).

As interações planta-polinizador foram abordadas utilizando as redes, que permite identificar padrões na organização das interações entre plantas e polinizadores sob uma nova perspectiva (Bascompte, 2007). Esta análise foi baseada nos dados obtidos nas amostragens em 12 AVUs. Com os dados das amostragens, foram construídas matrizes de ocorrência, com abelhas plotadas em linhas e plantas plotadas em colunas, para a construção de redes. A análise das matrizes e as redes de interação planta-abelha foram feitas no Programa R, Pacote Bipartite (R Development Core Team, 2009).

As métricas escolhidas para análise das redes de interações foram: a) conectância – permite avaliar a estabilidade da rede através da análise da proporção de interações observadas em relação ao total de interações possíveis, redes mais conectadas são mais estáveis; b) robustez de abelhas e plantas – indica a resistência da rede com relação às extinções secundárias de um nível no caso da perda de uma espécie de outro nível (método de extinções pela abundância, onde as espécies menos abundantes são extintas primeiro); c) equitatividade das interações – permite avaliar a uniformidade na frequência das interações (Jordano, 1987; Dunne *et al.*, 2002; Tylianakis *et al.*, 2010).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Estrutura da comunidade de abelhas

Nas áreas onde foram utilizadas as duas metodologias foram amostradas 4342 de 41 espécies, 12 tribos e quatro famílias (Apidae, Halictidae, Megachilidae e Colletidae). A riqueza de espécies de cada área amostrada variou entre 10 e 21 espécies. A AVU U1 foi a área com maior riqueza (21) e maior abundância (n=699).

Com rede entomológica foram coletados 1164 indivíduos. Apidae foi a família com maior riqueza (14 espécies) e abundância (494 indivíduos). As tribos com maior riqueza de espécies foram Augochlorini (13) e Meliponini (5). As espécies mais abundantes foram *Apis mellifera* (32% dos indivíduos amostrados em rede), *Trigona spinipes* (26%) e *Plebeia droryana* (13%), todas eussociais (Tabela 2). Dentre as espécies não eussociais, as mais abundantes foram *Dialictus* sp1 (4%), *Augochlora thalia* (3%) e *Xylocopa frontalis* (2%).

*Nannotrigona testaceicornis* (Meliponini) foi coletada em duas AVUs, 52% de todos os indivíduos coletados na U5 eram desta espécie. *Plebeia droryana* foi coletada em oito pontos amostrais. Na AVU U6 representou 32% dos indivíduos coletados, *Tetragonisca angustula* foi coletada em duas áreas sendo que 94% dos indivíduos desta espécie foram coletados na U2.

Foram amostradas 13 espécies da tribo Augochlorini com poucos indivíduos por área, Halictini apenas uma espécie (*Dialictus* sp1) que foi mais abundante em U7 e U8, representando 63% dos indivíduos coletados nessas áreas.

Dos indivíduos amostrados, 80% apresentaram comportamento eussocial, 13% foram abelhas de espécies solitárias e 5% abelhas com nível intermediário de socialidade. As abelhas que nidificam em cavidades pré-existentes representaram 82% das abelhas coletadas. Além disso, 80% das espécies de abelhas são generalistas quanto ao hábito de forrageio e 20% especialistas.

Nas armadilhas com iscas aromáticas foram capturadas 3179 abelhas da tribo Euglossini: *Eulaema nigrata* (1679), *Eulaema cingulata* (6), *Euglossa cordata* (1491) e *Exaerete smaragdina* (3). A maior abundância de Euglossini foi encontrada em U1 (n=516), U14 (n=376), U13 (n=342) e U6 (n=286).

**Tabela 2-** Abundância individual, total e relativa (Rel.%) das espécies de abelhas coletadas em cada ponto amostral da cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Características Biológicas (C. Biológicas): Comportamento de Nidificação (CN) - Solitário (S), Eussocial (E), Intermediário (I); Local de Nidificação (LN) - Solo (So), Cavidade(C); Especialização Trófica (ET) - Generalista (G), Especialista (E).

Espécies (rede)	ÁREAS VERDES URBANAS (AVUs)												Abundância		C. Biológicas		
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	Total	Rel.%	CN	LN	ET
<b>APIDAE</b>																	
<b>Apini</b>																	
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus	64	11	19	8	12	24	98	56	22	46	15	6	381	10,5	E	C	G
<b>Centridini</b>																	
<i>Centris analis</i> Lepeletier	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0,1	I	C	E
<i>Centris tarsata</i> Smith	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	6	0,2	I	C	E
<b>Emphorini</b>																	
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius)	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0,2	S	So	E
<b>Euglossini</b>																	
<i>Euglossa cordata</i> (L.)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	I	C	G
<i>Euglossa</i> sp	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	0,1	I	C	G
<i>Eulaema flavescens</i> (Friese)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	I	So	G
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0,1	I	So	G
<b>Exomalopsini</b>																	
<i>Exomalopsis analis</i> Spinola	4	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	7	0,2	I	So	G
<i>Exomalopsis auropilosa</i> Spinola	0	0	0	0	0	1	5	1	0	0	0	0	7	0,2	I	So	G
<b>Meliponini</b>																	
<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier)	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	12	0	64	1,8	E	C	G
<i>Plebeia droryana</i> (Friese)	0	4	17	7	21	49	0	0	15	0	31	6	151	4,2	E	C	G
<i>Plebeia</i> sp	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0	E	C	G
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille)	0	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	16	0,4	E	C	G
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius)	73	24	0	0	7	6	15	10	110	32	9	21	307	8,5	E	C	G
<b>Xylocopini</b>																	
<i>Xylocopa frontalis</i> Olivier	0	2	0	0	4	2	0	0	9	0	1	2	20	0,6	I	C	G
<i>Xylocopa nigrocincta</i> Brèthes	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	4	0,1	I	C	G
<i>Xylocopa ordinária</i> Smith	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,1	I	C	G
<i>Xylocopa suspecta</i> Moure & Camargo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0	I	C	G
<b>COLLETIDAE</b>																	
<b>Hylaeini</b>																	
<i>Hylaeus tricolor</i> (Schrottky)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	6	0,2	S	So	G
Collets sp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0	S	So	G
<b>HALICTIDAE</b>																	
<b>Augochlorini</b>																	
<i>Augochlora (Oxytglossella) thalia</i> Smith	4	5	11	2	0	0	0	4	0	2	4	2	34	0,9	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp2	3	2	0	1	0	0	0	4	0	0	0	2	12	0,3	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	0,1	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp4	1	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	0	7	0,2	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp5	2	1	1	3	0	1	0	1	0	0	0	4	13	0,4	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp7	1	3	2	1	0	0	1	1	0	1	0	3	13	0,4	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp8	3	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2	9	0,2	S	So	G
<i>Augochlora</i> sp9	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0,1	S	So	G
<i>Augochloropsis quadrans</i> (Vachal)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0	I	So	G
<i>Augochloropsis</i> sp1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	4	0,1	I	So	G
<i>Augochloropsis</i> sp3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	I	So	G
<i>Augochloropsis</i> sp4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0	I	So	G
<b>Halictini</b>																	
<i>Dialictus</i> sp1	5	1	1	1	0	1	13	19	4	2	0	4	51	1,4	S	So	G
<b>MEGACHILIDAE</b>																	
<b>Megachilini</b>																	
<i>Megachile affabilis</i> Mitchell	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0	S	C	G
<i>Megachile neoxanthoptera</i> Cockerell	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,1	S	C	G
<b>Anthidiini</b>																	
<i>Dicranthidium seabrai</i> Urban	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0,1	S	C	G
<i>Dicranthidium</i> sp	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	6	0,2	S	C	G
<b>Total abelhas (rede)</b>	<b>183</b>	<b>74</b>	<b>53</b>	<b>25</b>	<b>99</b>	<b>92</b>	<b>136</b>	<b>100</b>	<b>164</b>	<b>102</b>	<b>80</b>	<b>55</b>	<b>1164</b>				
<b>Espécies (armadilhas)</b>																	
<b>APIDAE</b>																	
<b>Euglossini</b>																	
<i>Euglossa cordata townsendi</i> Cockerell	257	123	64	82	73	162	115	45	50	49	85	33	150	203	1491		
<i>Eulaema nigrita</i> Lepeletier	259	37	85	50	100	123	163	71	116	120	160	32	191	172	1679		
<i>Eulaema cingulata</i> (Fabricius)	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	6		
<i>Exaerete smaradigma</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3		
<b>Total abelhas ( armadilha)</b>	<b>516</b>	<b>160</b>	<b>149</b>	<b>134</b>	<b>174</b>	<b>286</b>	<b>278</b>	<b>116</b>	<b>166</b>	<b>169</b>	<b>248</b>	<b>65</b>	<b>342</b>	<b>376</b>	<b>3179</b>		
<b>Total abelhas (rede+armadilha)</b>	<b>699</b>	<b>234</b>	<b>255</b>	<b>184</b>	<b>372</b>	<b>470</b>	<b>550</b>	<b>316</b>	<b>494</b>	<b>373</b>	<b>407</b>	<b>175</b>	<b>342</b>	<b>376</b>			

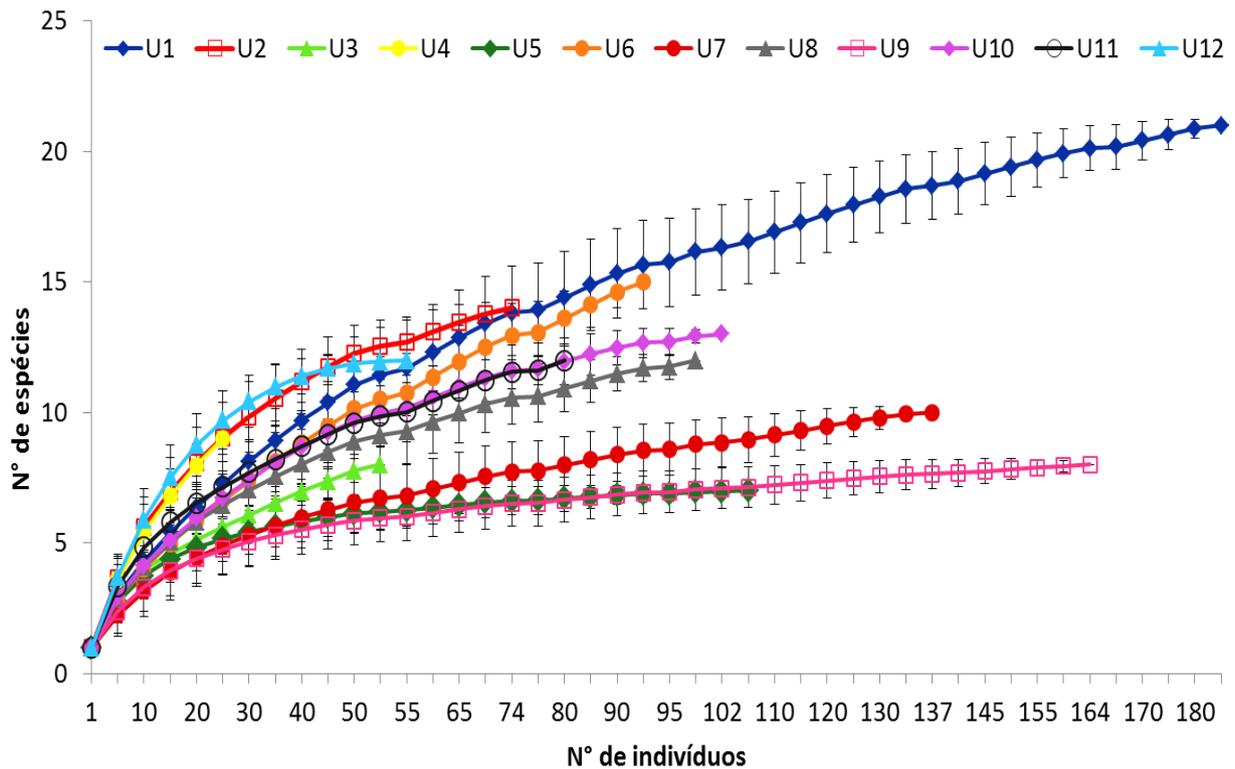
A maior riqueza foi encontrada na área U1 (n=2), no entanto, essa área apresentou número abaixo do estimado pelo índice Chao-1. As áreas U9, U10 e U12 apresentaram valores de riqueza igual ao estimado. O maior índice de diversidade foi encontrado nas áreas U8 e U12 ( $H'=1,714$  e  $H'=1,966$ ) respectivamente. A maior dominância total, que considerou todas as abelhas amostradas com rede entomológica foi registrada na U7 (Berger-Parker=0,7206) influenciada pela abundância de *A. mellifera*. Os maiores índice de dominância sem a presença das abelhas supergeneralistas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes* foi encontrado em U6 (Berger-Parker=0,7656) influenciada por *Plebeia droryana* e U5 (Berger-Parker=0,6744) por *Nannotrigona testaceicornis* (Tabela 3).

**Tabela 3** - Estimador de riqueza (Chao-1), riqueza amostrada, diversidade (Shannon) e dominância (Berger Parker) de espécies de abelhas amostradas com rede entomológicas áreas verdes urbanas (AVUs) da cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.

AVU	Chao-1	Riqueza	Diversidade	Dominância	
				Total	Parcial*
U1	26,6	20	1,534	0,4011	0,1957
U2	15,2	14	1,627	0,3288	0,3846
U3	11	8	1,468	0,3585	0,5
U4	14	9	1,338	0,32	0,4118
U5	7	7	1,604	0,5253	0,6744
U6	26	14	1,419	0,5444	0,7656
U7	9,5	8	1,416	0,7206	0,4583
U8	16	11	1,714	0,56	0,5
U9	8,5	8	1,558	0,6707	0,4688
U10	14,2	13	1,637	0,451	0,2083
U11	15,3	12	1,539	0,3846	0,5714
U12	11	11	1,996	0,3818	0,2143

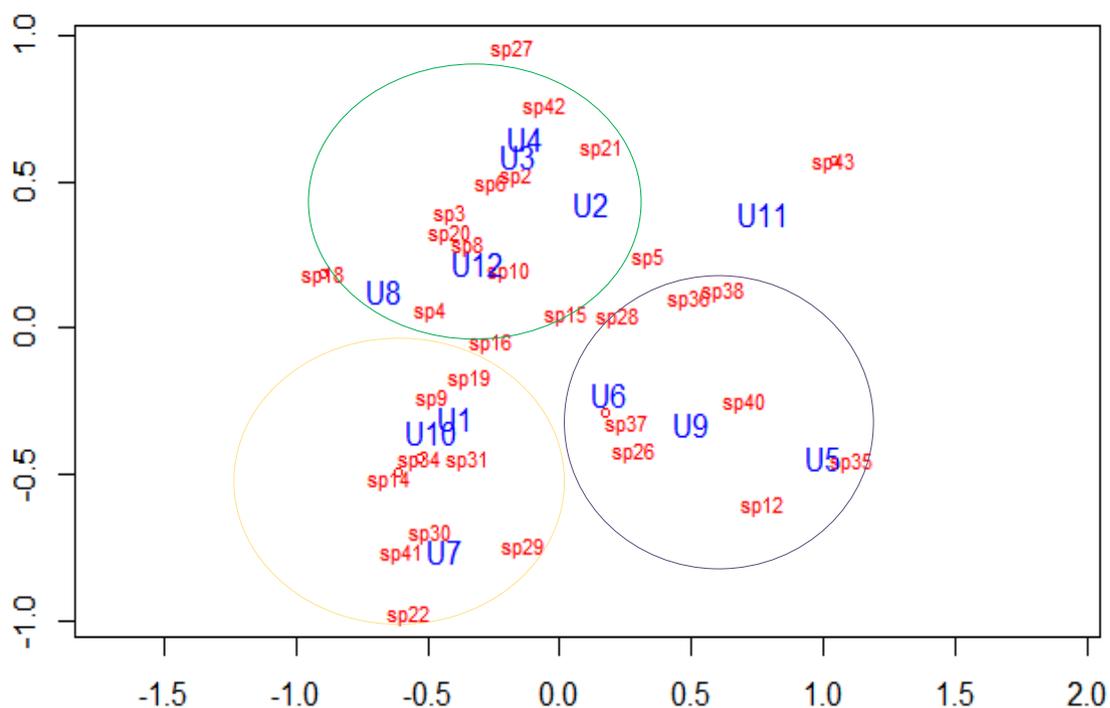
\*Dominância Parcial: foram excluídas as abelhas eussociais supergeneralistas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*.

As curvas de rarefação mostram que a AVU U4 (com somente 25 indivíduos coletados) apresenta caráter ascendente, em padrão muito distinto das demais áreas amostradas; por isso esta área não foi considerada na comparação entre as curvas. Das 11 áreas, na comparação da riqueza com 53 indivíduos (abundância mínima para todas as áreas), observa-se a distinção entre um grupo com maior riqueza (U2, U12 e U1) e outro com menor riqueza (U5, U7e U9), sem sobreposição dos desvios entre eles (Figura 6).



**Figura 6** - Curva de rarefação por indivíduos capturados (abelhas em flores) nas áreas verdes urbanas em Campos dos Goytacazes, RJ.

A ordenação NMDS mostrou a formação de três grupos quanto à similaridade na composição de abelhas (Figura 7). O primeiro grupo foi formado pelas áreas U2, U3, U4, U8 e U12, que são praças construídas dentro do modelo padrão utilizado pela prefeitura municipal, apresentado na Figura 3. O segundo grupo é formado por U1, U7 e U10, que são áreas com características peculiares: U1 é uma praça situada em um bairro com pouca movimentação de pessoas e carros e separada por apenas um muro de uma mancha de vegetação espontânea; U7 é uma grande rotatória sem nenhuma pavimentação, localizada na entrada da cidade, com tráfego intenso de automóveis da BR 101 e; U10 está às margens de uma lagoa com pouca pavimentação. O terceiro grupo é formado por dois jardins (U5 e U6) e uma praça (U9) todos com árvores antigas e frondosas. A AVU U11 destaca-se dos grupos por ser um bosque particular cercado por muros e com mais de 300 árvores.



**Figura 7-** NMDS da composição de abelhas nas áreas verdes urbanas em Campos dos Goytacazes, RJ (ver códigos das abelhas no Apêndice 1).

## 5.2 Composição da vegetação e características da paisagem

Nas 12 áreas de estudo, 84 espécies de plantas (7 espécies não identificadas) pertencentes a 39 famílias, foram visitadas por abelhas. Em média, as AVUs apresentaram 10 famílias de plantas em florescimento (variando de 6 a 14) entre as áreas ao longo do período de estudo. As famílias encontradas na maioria das AVUs foram Asteraceae (10), Fabaceae e Verbenaceae (8 áreas cada) (Tabela 4).

**Tabela 4-** Espécies vegetais onde foram coletadas abelhas nas áreas verdes urbanas (U1 a U12) em Campos dos Goytacazes-RJ, com a indicação do hábito das plantas (arbustiva-ART; arbórea-ARB; herbácea-HER) e recurso floral oferecido: P (pólen), N (néctar) e O (óleo).

Espécie de Planta	Hábito	Origem	Recurso	Áreas Verdes Urbanas											
				U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12
<b>Acanthaceae</b>															
<i>Ruellia simplex</i> C. Wright	ART	N	N	X	X		X								
<b>Alzooaceae</b>															
<i>Trianthema portulacastrum</i> L.	HER	E	N/P								X				
<b>Amaranthaceae</b>															
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	HER	N	N/P										X		
<i>Amaranthus deflexus</i> L.	HER	E	N/P										X		
<b>Anacardiaceae</b>															
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ARB	N	N/P				X								
<i>Mangifera indica</i> L.	ARB	E	N/P		X							X			
<i>Schinus molle</i> L.	ARB	N	N/P							X					
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	ARB	N	N/P				X	X				X	X		
<i>Spondias mombin</i> L.	ARB	N	P		X										
<b>Apocynaceae</b>															
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	ARB	N	N/P		X										
<b>Arecaceae</b>															
<i>Bismarckia nobilis</i> Hildebr. & Wendl	ARB	E	P							X					
<i>Cocos nucifera</i> L.	ARB	E	N/P								X				
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F.Cook	ARB	E	N/P							X					
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	ARB	N	P									X			
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	ARB	N	N/P				X	X	X			X			
<i>Syagrus schizophylla</i> (Mart.) Glassman	ARB	N	N/P									X		X	
<b>Asteraceae</b>															
<i>Coniza bonariensis</i> (L.) Cronquist	HER	N	N/P			X		X	X					X	
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	HER	N	N/P		X	X									
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ExWight	HER	N	N/P	X		X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Hypochaeris brasiliensis</i> (Less.) Benth.&Hook.f.exGriseb.	HER	N	N/P							X					
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	HER	E	N/P								X		X		
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	HER	E	N/P		X										
<i>Tithonia rotundifolia</i> (Mill.) S.F.Blake	HER	E	N/P										X		
<i>Tridax procumbens</i> L.	HER	N	N/P	X			X	X	X	X		X		X	
<i>Vernonia</i> sp	HER		N/P		X										
<b>Bignoneaceae</b>															
<i>Tabebuia</i> sp	ARB	N	N/P						X						
<b>Bombacaceae</b>															
<i>Pachira aquática</i> Aubl.	ARB	N	N/P				X								
<b>Cactacea</b>															
<i>Rhipsalis bacífera</i> (J.M.Muell.) Stearn	HER	N	N/P	X			X	X					X	X	
<b>Chrysobalanacea</b>															
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	ARB	N	N/P									X			

**Continuação Tabela 4**

<b>Combretaceae</b>									
<i>Terminalia catappa</i> L.	ARB	E	N						X
<b>Commelinaceae</b>									
<i>Commelina benghalensis</i> L.	HER	N	P				X		
<i>Tradescantia zebrina</i> Heynh. ex Bosse	HER	E	N/P					X	X
<b>Cucurbitaceae</b>									
<i>Cucurbita moschata</i> Duchesne	HER	N	N/P					X	
<i>Luffa aegyptiaca</i> Mill.	HER	E	N/P					X	
<i>Momordica charantia</i> L.	HER	E	P	X		X			X
<b>Ericaceae</b>									
<i>Rhododendron simsii</i> Planch.	ART	E	N/P				X		
<b>Euphorbiaceae</b>									
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	HER	N	N/P	X			X		
<b>Fabaceae</b>									
<i>Arachis repens</i> Handro	HER	N	N/P	X					
<i>Bauhinia forficata</i> Link	ARB	N	N/P				X		
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth	ARB	N	N/P	X				X	X
<i>Cassia fistula</i> L.	ARB	E	N/P			X	X		
<i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier	ARB	N	N/P	X					
<i>Delonix regia</i> (BojerexHook.) Raf.	ARB	E	N/P					X	
<i>Desmodium sessilifolium</i> (Torr. ex M.A. Curtis) Torr. & Gray	HER	E	N/P				X		
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	ARB	E	N/P	X		X			
<i>Zornia diphylla</i> (L.) Pers.	HER	N	N/P					X	
<b>Lamiaceae</b>									
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	HER	E	N/P					X	X
<i>Plectranthus barbatus</i> Andr.	ARB	E	N/P						X
<b>Lecythidaceae</b>									
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	ARB	N	N/P					X	
<b>Lythraceae</b>									
<i>Lagerstroemia indica</i> (L.)	ARB	E	N/P					X	
<i>Punica granatum</i> L.	ARB	E	N/P						X
<b>Malpighiaceae</b>									
<i>Malpighia emarginata</i> DC.	ARB	E	N/P/O						X
<b>Malvaceae</b>									
<i>Malvastrum coromandelianum</i> Garcke	HER	N	N/P	X	X				X
<b>Myrtaceae</b>									
<i>Eugenia uniflora</i> L.	ART	E	N/P				X		
<i>Callistemon citrinus</i> Skeels	ARB	E	N	X					
<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L. M. Perry	ARB	E	N/P	X	X				X
<b>Nictaginaceae</b>									
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	HER	N	N/P	X					
<b>Oxalidaceae</b>									
<i>Averrhoa carambola</i> L.	ARB	E	N			X		X	X

**Continuação Tabela 4**

<b>Oxalidaceae</b>															
<i>Averrhoa carambola</i> L.	ARB	E	N				X					X	X		
<i>Oxalis triangularis</i> St. Hil.	HER	N	N/P						X				X		
<b>Plumbaginaceae</b>															
<i>Plumbago auriculata</i> Lam.	ARB	E	N/P						X						
<b>Polygonaceae</b>															
<i>Antigonos leptopus</i> Lam.	ARB	E	N/P	X								X	X		
<i>Triplaris americana</i> L.	ARB	N	N/P					X				X			
<b>Portulacaceae</b>															
<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd	HER	N	N	X	X				X			X			
<b>Rubiaceae</b>															
<i>Ixora coccinea</i> L.	ART	E	N	X	X	X	X	X	X				X		
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	ART	N	N/P									X			
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomes	HER	N	N/P						X						
<b>Rutaceae</b>															
<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	ART	E	N/P	X								X			
<b>Sapindaceae</b>															
<i>Sapindus saponaria</i> L.	ARB	N	N/P		X										
<b>Sapotaceae</b>															
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	ARB	N	N/P					X							
<b>Scrophulariaceae</b>															
<i>Rousselia equisetiformis</i> Schltdl. & Cham.	ART	E	N					X				X			
<b>Solanaceae</b>															
<i>Solanum americanum</i> Mill	HER	N	P									X			
<b>Strelitziaceae</b>															
<i>Strelitzia reginae</i> Aiton	ART	E	N/P						X						
<b>Turneraceae</b>															
<i>Turnera subulata</i> Sm	HER	N	N/P	X								X	X		
<b>Verbenaceae</b>															
<i>Lantana camara</i> L.	ART	E	N						X						
<i>Duranta erecta</i> áurea L.	ART	E	N/P	X	X	X		X	X	X	X		X		
<b>Vitaceae</b>															
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis	HER	N	N/P						X	X					
<b>Zingiberaceae</b>															
<i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B.L.Burtt&R.M.Sm.	ART	E	N/P										X		
Não identificada sp1	HER											X			
Não identificada sp2	HER								X						
Não identificada sp3	HER					X									
Não identificada sp4	HER											X			
Não identificada sp5	HER				X										
Não identificada sp6	HER								X						
Não identificada sp7	HER											X			
<b>Total de espécies por área</b>				13	14	12	6	14	14	17	11	10	16	16	14

A riqueza das plantas por AVU variou entre sete e 18 espécies. O ponto amostral com o maior número de espécies foi U1. As espécies com maior frequência de ocorrência nas áreas foram *Emilia sonchifolia* (ocorrência em 83,3% das áreas), *Duranta erecta* (67,7%), *Tridax procumbens* (58,3%) e *Ixora coccinea* (50%).

Os recursos florais néctar e pólen foram oferecidos por 62 espécies vegetais; oito espécies ofereceram apenas néctar, seis espécies apenas pólen e uma espécie ofereceu néctar, pólen e óleos florais. Na vegetação encontrada nas AVUs, 54% das espécies são consideradas nativas no Brasil e 46% são espécies exóticas. O hábito herbáceo foi predominante (44% das espécies) nas plantas das AVUs, seguido de arbóreo (39%) e arbustivo (17%).

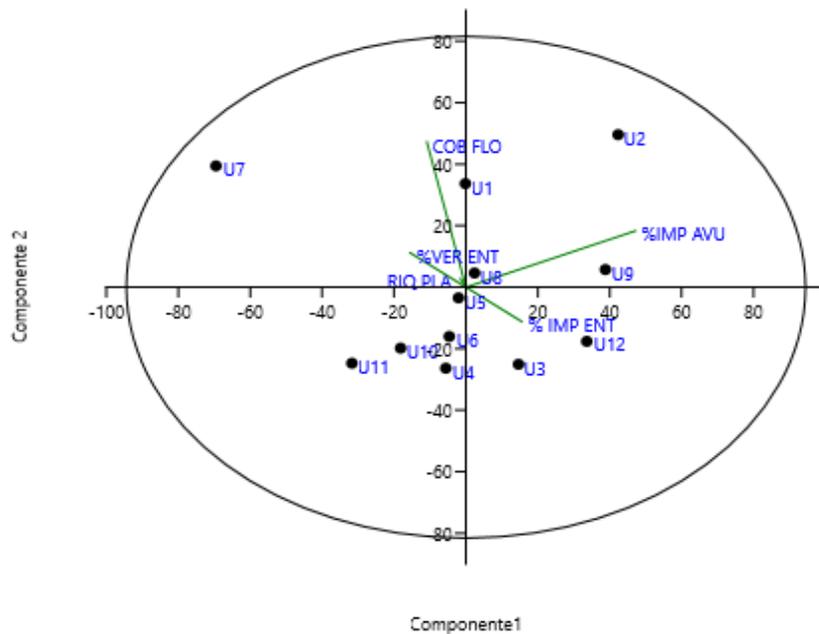
A cobertura média de flores em metros quadrados em cada AVU variou entre 6,57m<sup>2</sup> (U4) e 82,52m<sup>2</sup> (U7). O maior número de árvores foi registrado no ponto amostral U11 e o maior DAP (mediana=1,98) no ponto amostral U7 (Tabela 5).

**Tabela 5** - Características da paisagem dentro e no entorno das áreas verdes urbanas (AVUs) estudadas em Campos dos Goytacazes, RJ.

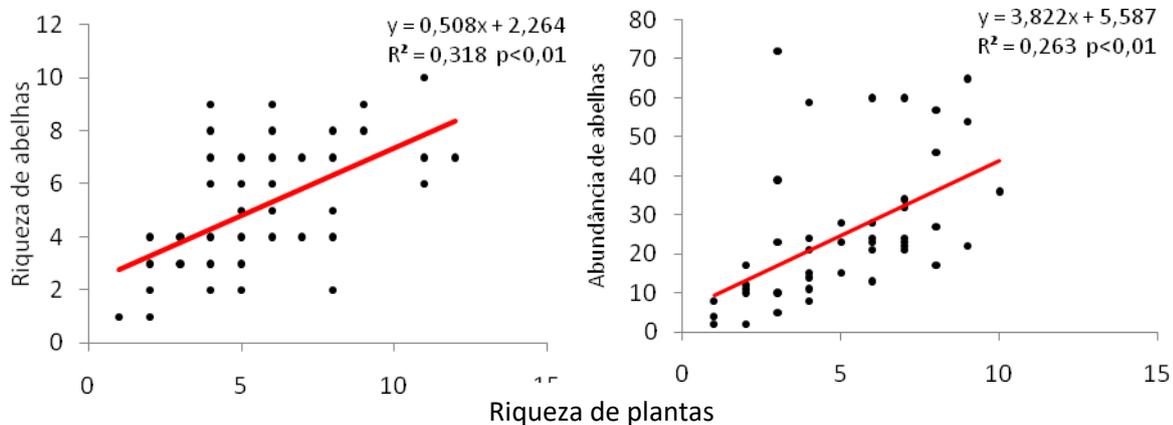
Características	Áreas verdes urbanas											
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12
Área do ponto amostral (m <sup>2</sup> )	8501	7881	3963	3948	8033	31235	20791	9752	6257	4189	44379	1509
Impermeabilização AVU % (m <sup>2</sup> )	61,3	92,5	50,4	37,3	35,9	27,8	0	63,0	90,3	19,4	8,7	70,9
Número de árvores	34	36	33	22	46	78	22	33	15	63	369	17
DAP (mediana)	0,8	0,98	0,83	0,7	1,43	1,11	1,98	0,94	1,13	1,045	0,96	1
Riqueza de plantas	13	11	12	6	13	14	17	9	10	14	18	14
Cobertura de flores (med/m <sup>2</sup> )	60,8	47,5	10,6	6,5	42,6	33,7	82,5	22	22,7	26,7	21,3	11,7
% Impermeabilização do entorno (m <sup>2</sup> )	63	96	87	71	92	97	45	51	72	84	75	89
% Área verde do entorno (m <sup>2</sup> )	37	4	13	29	8	3	55	49	28	16	25	11
	Riqueza de espécies por hábito nas AVUs:											
Arbórea	3	4	2	2	5	8	4	1	7	3	6	4
Arbustiva	4	3	2	1	3	2	5	1	1	1	4	3
Herbácea	6	4	8	3	5	4	8	7	2	10	8	7

A análise dos componentes principais (PCA) da paisagem (Figura 8) mostrou que os componentes 1 e 2 explicaram 77% da variância das AVUs. As variáveis impermeabilização da AVU e impermeabilização do entorno tiveram maior influência sobre as AVUs U2, U3, U9 e U12. Já a cobertura de flores e o percentual de área verde do entorno das AVUs foram características que tiveram maior influência na semelhança entre as outras áreas principalmente em U1 e U7.

A riqueza de plantas explicou 32% da riqueza de abelhas ( $R^2=0,318$ ,  $p<0,001$ ) e 26% da abundância de abelhas ( $R^2 = 0,263$ ,  $p<0,01$ ) (Figura 9).

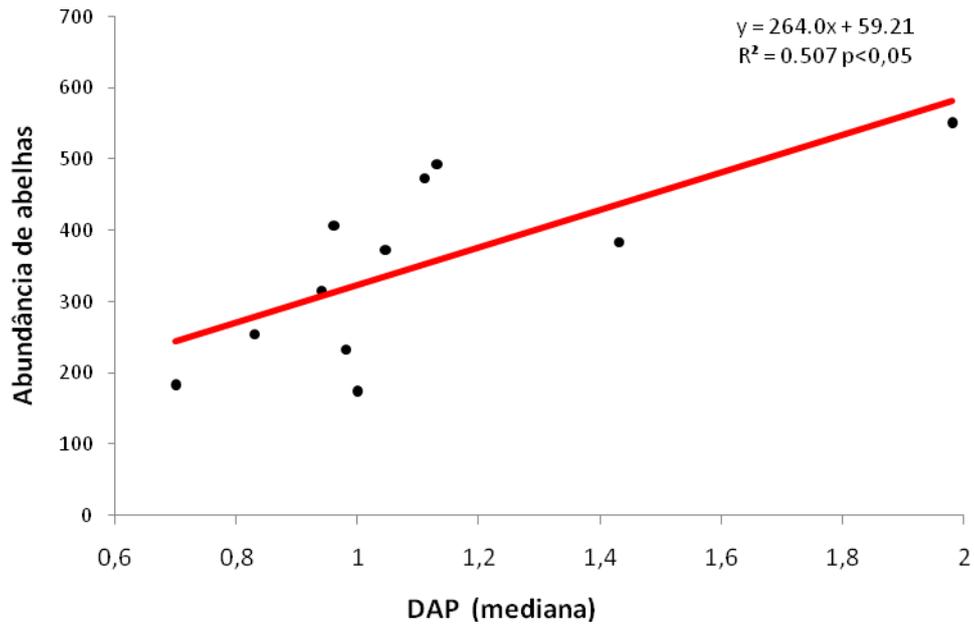


**Figura 8** - Análise dos Componentes Principais (PCA): %IMPENT- percentual de área impermeabilizada no entorno da AVU dentro do *buffer* de 500 m; %IMPAUV- percentual de área pavimentada da AVU; COBFLO- cobertura de flores; RIQPL- riqueza de plantas; %VERENT- percentual de verde no entorno das AVUs e dentro do *buffer* de 500 m.

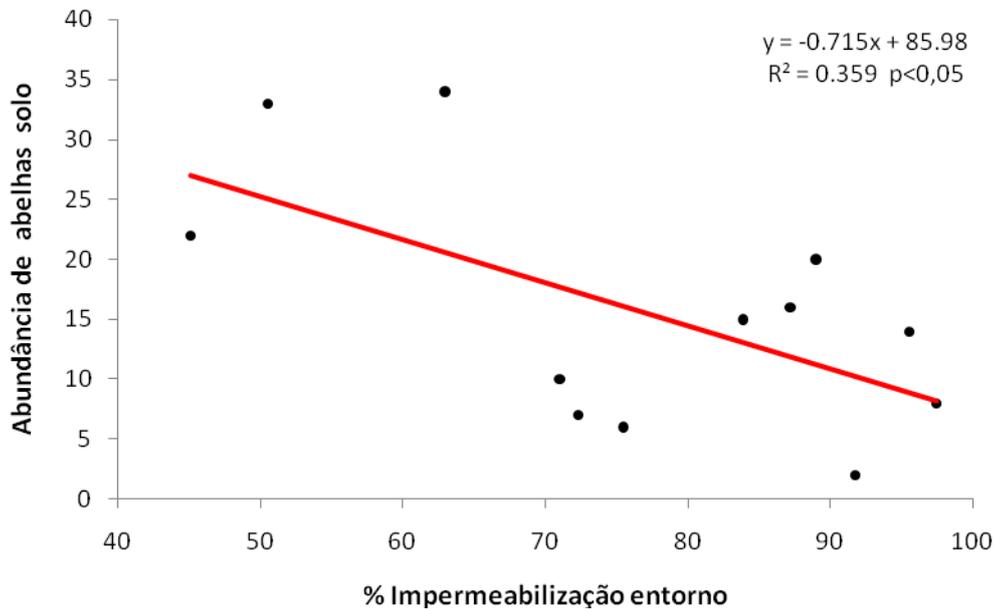


**Figura 9** - Relação da riqueza e abundância de abelhas com a riqueza de plantas nas áreas verdes urbanas avaliadas em Campos dos Goytacazes, RJ.

A mediana do DAP das árvores das AVUs explicou 50% da abundância de todas as abelhas amostradas (rede entomológica e iscas aromáticas) ( $R^2= 0,507$ ,  $p<0,05$ , Figura 10). A influência da pavimentação do entorno foi significativa quando correlacionada com as espécies de abelhas que nidificam no solo ( $R^2=0,359$ ;  $p<0,05$ ) (Figura 11).



**Figura 10** - Regressão linear entre DAP das árvores encontradas nas áreas verdes urbanas e abundância das abelhas coletadas com rede entomológica e iscas aromáticas em 12 áreas estudadas em Campos dos Goytacazes, RJ.



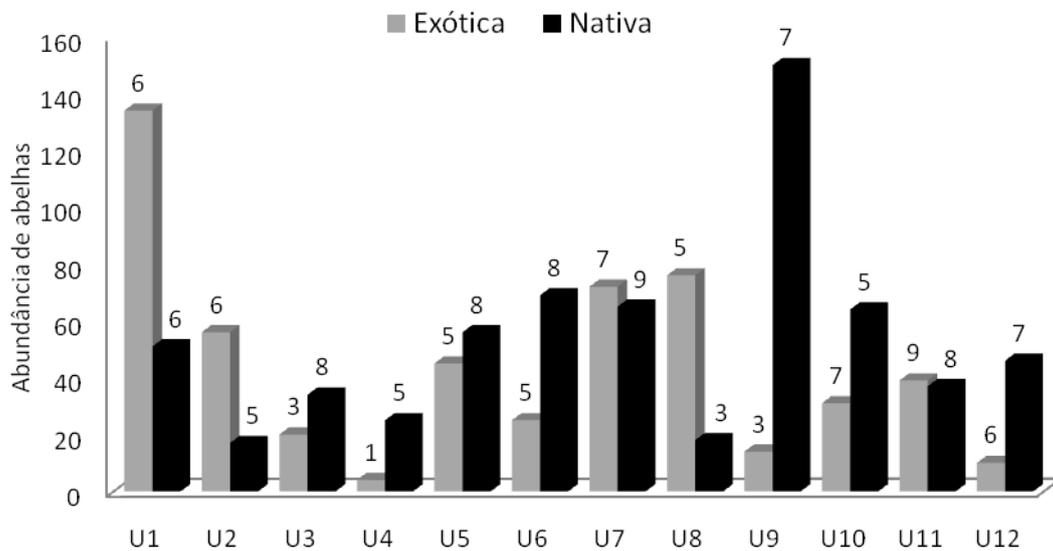
**Figura 11** - Regressão linear entre o percentual de área impermeabilizada no entorno das áreas verdes urbanas e a abundância de abelhas que nidificam no solo em Campos dos Goytacazes, RJ.

### 5.3 Interações abelhas-plantas

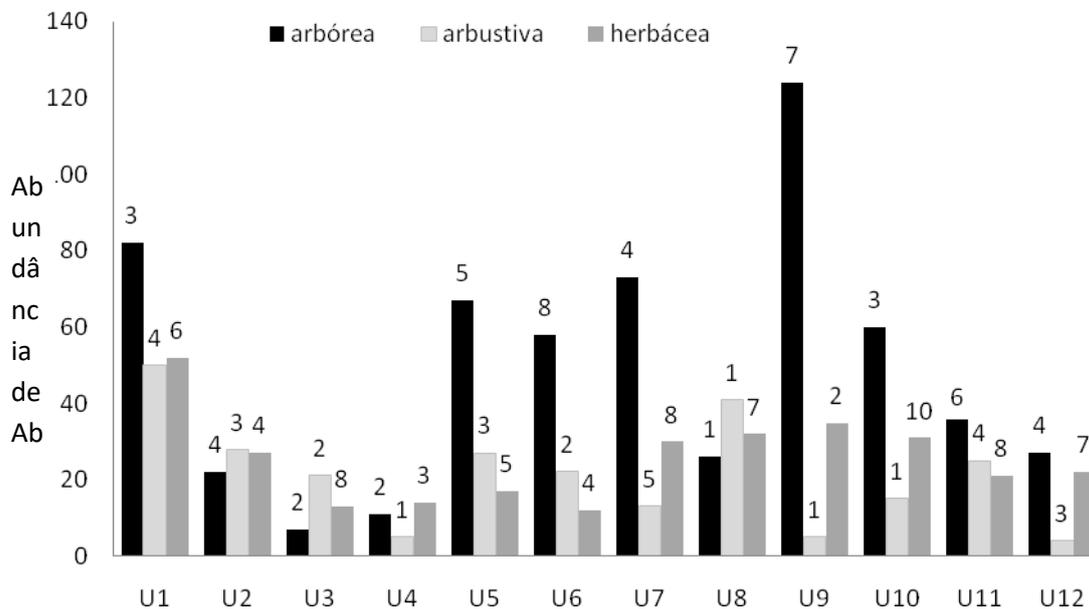
Das abelhas amostradas, 55% do total foram capturadas em flores de espécies vegetais consideradas nativas no Brasil (Figura 12) sendo que este total foi principalmente devido às visitas de Augochlorini (67% de todos os indivíduos desta tribo) e de Meliponini (59%). Diferentemente, a maioria das abelhas das tribos Apini (uma espécie com 55% do total de indivíduos) e Halictini (uma espécie 58%) foi associada às espécies vegetais exóticas.

Arecaceae foi a família de planta visitada pelo maior número de indivíduos de abelhas (19%), seguida por Asteraceae (15%) e Myrtaceae (11%). A família Asteraceae apresentou a maior riqueza de abelhas visitantes (n=25). A análise das visitas de abelhas às flores mostrou que 67% das abelhas foram coletadas sobre flores de 15 espécies vegetais. Entre elas *Schinus terebinthifolius* (n=106), *Duranta erecta* (n=97) e *Melaleuca viminalis* (n=89) foram as que apresentaram maior número abelhas sobre suas flores. Quanto ao hábito, espécies arbóreas tiveram suas flores visitadas por 50% das abelhas (Figura 13).

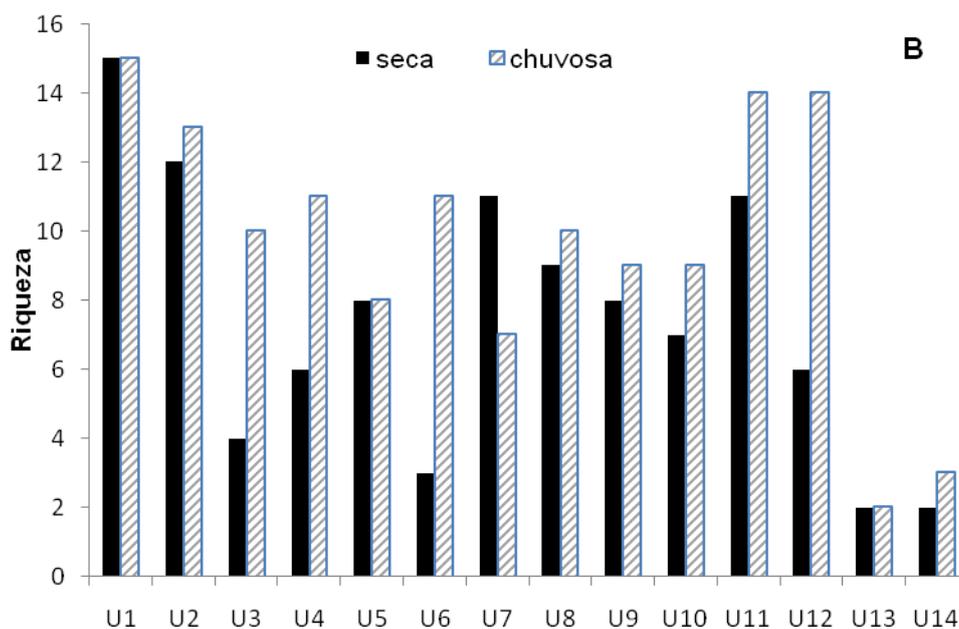
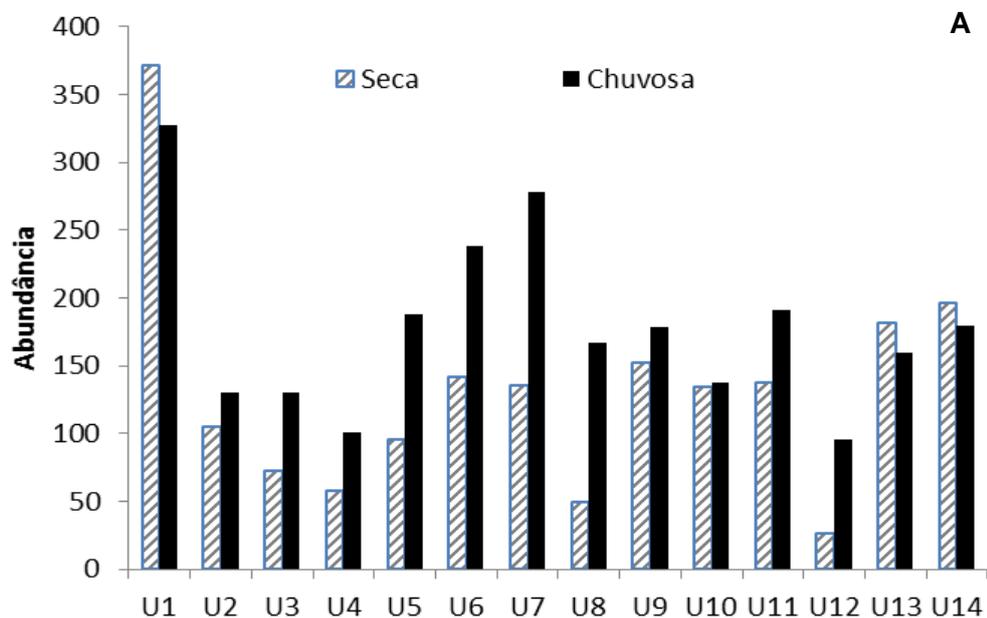
Os valores de abundância e de riqueza total de espécies de abelhas amostradas foram maiores na estação chuvosa (2160 indivíduos e 33 espécies, respectivamente), quando as temperaturas médias diárias variaram entre 25° e 39°C. Na estação seca, com temperaturas médias diárias entre 18° e 38°C, a abundância de abelhas foi de 1914 e a riqueza foi de 28 espécies. A maior riqueza de abelhas na estação chuvosa ocorreu na maioria das áreas, exceto na AVU U1, onde a riqueza foi igual nas duas estações sazonais, e em U5 e U7 onde a maior riqueza de abelhas ocorreu na estação seca (Figura 14).



**Figura 12** - Abundância de abelhas coletadas em flores nas áreas verdes urbanas (AVUs) em plantas nativas e exóticas. Os números sobre as barras referem-se ao total de espécies vegetais nativas e exóticas de cada AVU, na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.



**Figura 13** - Abundância de abelhas coletadas nas áreas verdes urbanas (AVUs) em plantas de hábito arbóreo, arbustivo e herbáceo. Os números sobre as barras referem-se ao número de plantas de hábito arbóreo, arbustivo e herbáceo em cada AVU, na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ.



**Figura 14** - Abundância (A) e riqueza (B) de abelhas nas estações seca e chuvosa em cada área verde urbana em Campos dos Goytacazes, RJ.

Os maiores valores de abundância de abelhas registradas sobre as flores foram de espécies das tribos Meliponini (n=538), Apini (n=387) e Augochlorini (n=103). As espécies eussociais que visitaram o maior número de espécies de plantas foram *A. mellifera* (n=42), *T. spinipes* (n=37) e *P. droryana* (n=31). Dentre as abelhas não

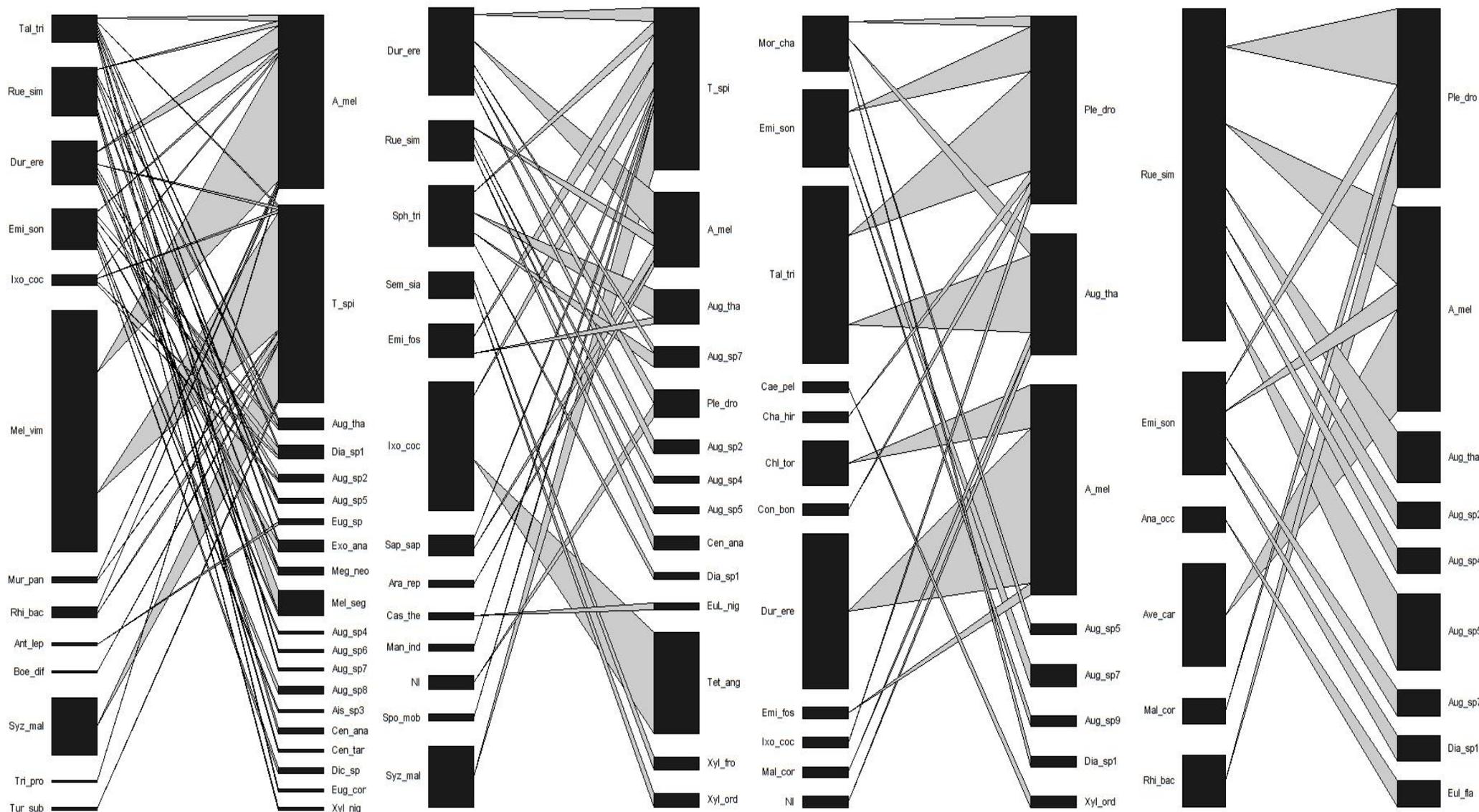
eussociais, *Augochlora thalia* (n=13) e *Augochlora* sp3 (n=6) foram as espécies com maior número de plantas associadas.

Em todas as AVUs amostradas as abelhas que interagiram com o maior número de plantas em floração foram abelhas eussociais, apenas na AVU U8 foi a abelha *Dialictus* sp1. As espécies de plantas que tiveram maior número de espécies visitantes variaram entre as AVUs. *Emilia sonchifolia* foi a mais visitada em cinco AVUs, seguida por *Duranta erecta*, *Ruellia simplex* e *Tridax procumbens* em três AVUs (Figura 15, 16 e 17).

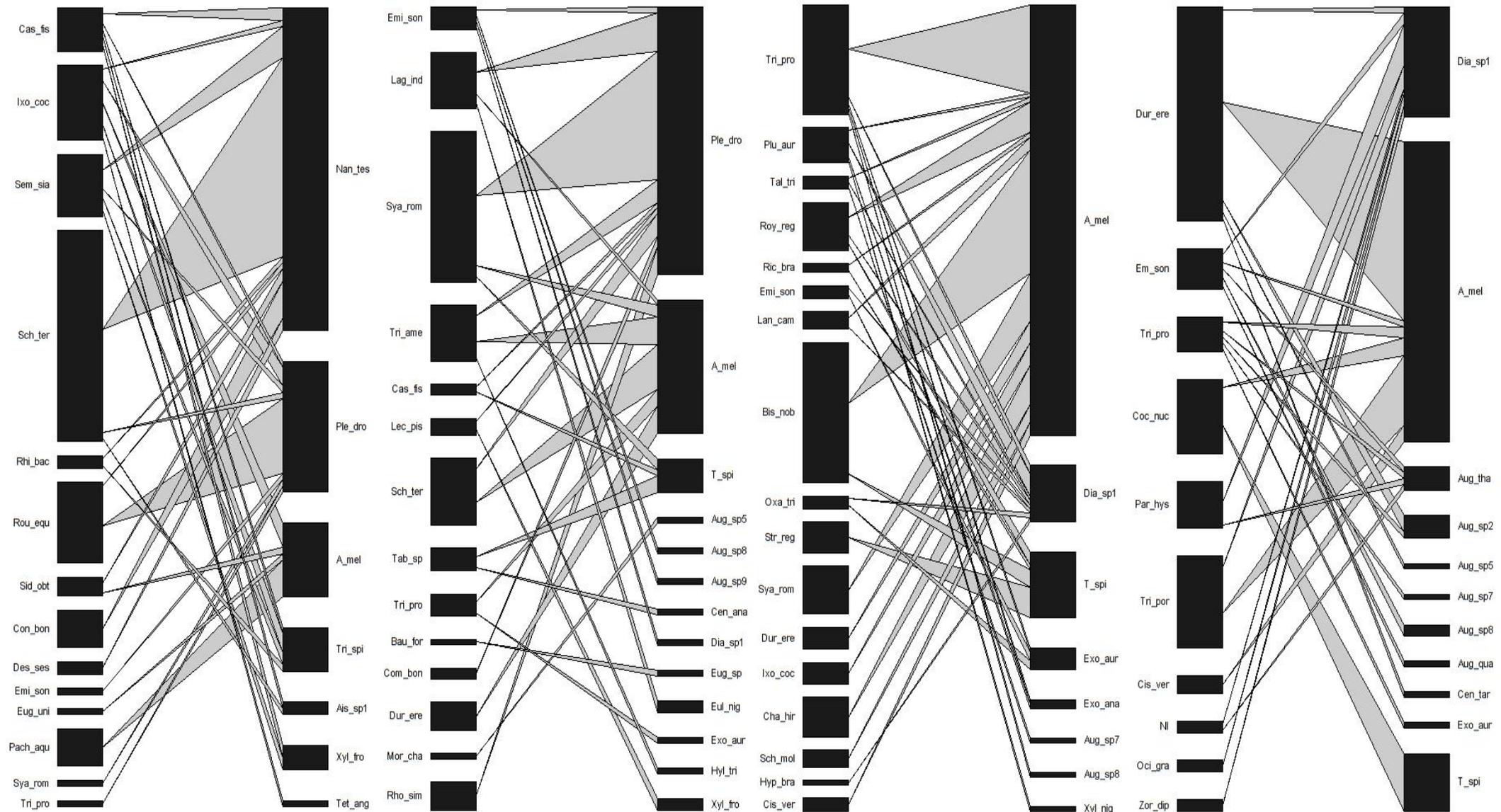
As redes de interações mutualísticas, construídas com os dados de visitas das espécies de abelhas às espécies vegetais nas AVUs, geraram as métricas apresentadas na Tabela 6. A maior variação dessa rede de interação ocorreu para os valores de aninhamento entre 12,1 e 36,1. A robustez tanto das plantas quanto das abelhas foi maior que 0,50.

**Tabela 6-** Parâmetros das redes de interações entre plantas e abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas (AVUs) em Campos dos Goytacazes, RJ.

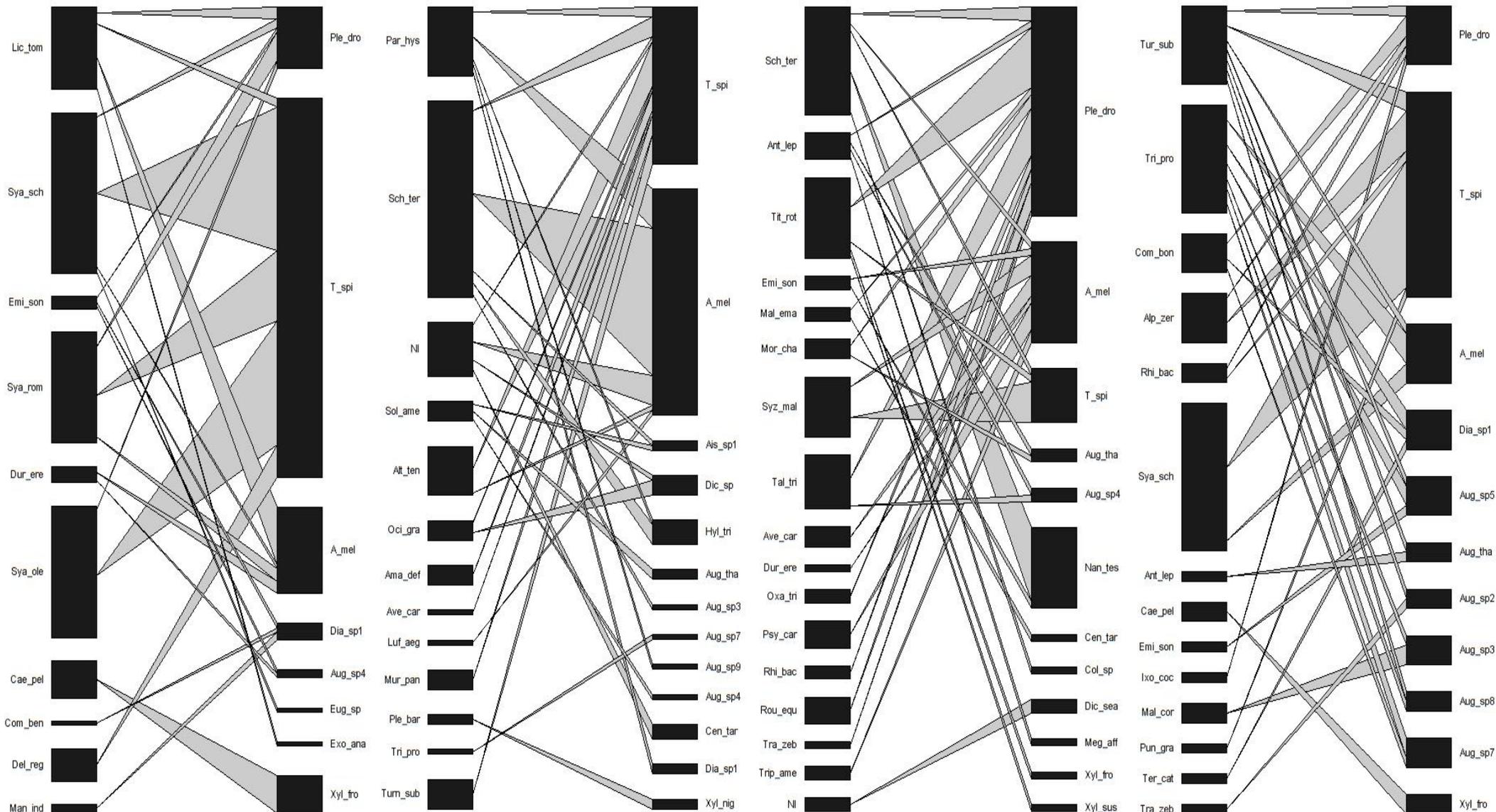
AVUs	Nºplanta/abelha	Conectância	Robustez-Plantas	Robustez-Abelhas	Equitatividade de Interação
U1	13/20	0,177	0,929	0,732	0,485
U2	13/14	0,154	0,820	0,726	0,560
U3	12/8	0,188	0,754	0,784	0,522
U4	6/9	0,259	0,837	0,839	0,624
U5	14/7	0,306	0,868	0,878	0,582
U6	14/14	0,154	0,893	0,523	0,542
U7	17/8	0,243	0,901	0,811	0,587
U8	10/11	0,236	0,922	0,747	0,628
U9	10/8	0,275	0,781	0,698	0,542
U10	13/13	0,166	0,798	0,738	0,530
U11	17/12	0,157	0,913	0,766	0,581
U12	14/11	0,195	0,687	0,846	0,603



**Figura 15** - Redes de interações entre plantas e abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas U1, U2, U3 e U4 (da esquerda para a direita), em Campos dos Goytacazes, RJ. As barras pretas representam as espécies de plantas (esquerda) e de abelhas (direita) e as linhas em cinza as interações entre elas. A espessura das linhas representa a frequência das interações. Lista de códigos de abelhas e plantas utilizados nas redes encontra-se no Apêndice 1.



**Figura 16** - Redes de interações entre plantas-abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas U5, U6, U7 e U8 (da esquerda para a direita). As barras pretas representam as espécies de plantas (esquerda) e de abelhas (direita) e as linhas em cinza as interações entre elas. A espessura das linhas representa a frequência das interações. Lista de códigos de abelhas e plantas utilizados nas redes encontra-se no Apêndice 1.



**Figura 17** - Redes de interações entre plantas-abelhas visitantes florais nas áreas verdes urbanas U9, U10, U11 e U12 (da esquerda para a direita). As barras pretas representam as espécies de plantas (esquerda) e de abelhas (direita) e as linhas em cinza as interações entre elas. A espessura das linhas representa a frequência das interações. Lista de códigos de abelhas e plantas utilizados nas redes encontra-se no Apêndice 1.

## 6. DISCUSSÃO

A estrutura da comunidade de abelhas encontrada neste estudo apresentou uma composição de espécies abelhas principalmente de abelhas eussociais e generalistas, comuns em ambientes abertos e altamente modificados. Outros estudos realizados no Brasil mostraram a tendência de abelhas eussociais serem mais abundantes nas áreas urbanas (Taura & Laroca, 2001; Zanette *et al.*, 2005; Taura *et al.*, 2007; Cardoso & Gonçalves, 2018). Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que as colônias das espécies eussociais têm milhares de indivíduos e ficam ativas durante o ano inteiro, o que permite aproveitar recursos de espécies de plantas com diferentes ciclos fenológicos (Michener, 2007). Além disso, espécies eussociais como a espécie exótica *Apis mellifera* e a espécie de abelha sem ferrão *Trigona spinipes* são comuns em áreas urbanas por se beneficiarem desse ambiente tanto na coleta de recursos quanto na nidificação (Brunet *et al.*, 2007). *Apis mellifera* e *T. spinipes* são classificadas como espécies supergeneralistas (Biesmeijer *et al.*, 2005; Biesmeijer & Slaa, 2006; Zotarelli *et al.*, 2014), que apresentam o nicho mais amplo de todas as abelhas eussociais. Além disso, *A. mellifera* e *T. spinipes* se diferenciam pela capacidade de nidificar em lugares estratégicos em áreas urbanas. *Apis mellifera* utiliza, além dos ocos de árvores, fendas em rochas, buracos de ar condicionado e postes; enquanto que *Trigona spinipes* nidifica em forquilha de árvores, em alturas que variam de 6 a 18 m (Almeida & Laroca, 1988; Souza *et al.*, 2005).

A maior plasticidade de *A. mellifera* favorece o aumento da sua abundância nas áreas urbanas e a pressão competitiva sobre espécies nativas, o que pode levar a homogeneização da estrutura da comunidade de abelhas nessas áreas (McKinney, 2006) através da substituição de espécies de abelhas nativas por exóticas (McKinney & Lockwood, 1999). Apesar de várias atividades humanas promoverem homogeneização biótica, a urbanização é a que mais favorece esse processo (McKinney, 2004; Horsák *et al.*, 2013). A cidade é feita para atender às necessidades humanas e por isso tem uma natureza uniforme, que se repete no mundo inteiro com edifícios, estradas e casas. A construção das cidades destrói o habitat de espécies nativas, mas por outro lado cria habitat para outras espécies exóticas como a *A. mellifera* que consegue nidificar em construções humanas

como postes e muros. Como consequência, espécies mais frágeis tendem a desaparecer diminuindo a riqueza da comunidade (McKinney, 2006; Horsák *et al.*, 2013).

Ao analisar o comportamento das fêmeas das guildas de abelhas amostradas, os resultados indicam que a diversidade de flores teve forte influência sobre vários destes grupos de abelhas. A baixa abundância da guilda de abelhas coletoras de óleo, quando comparada a outras áreas urbanas está possivelmente associada à presença de apenas uma espécie de planta que oferece óleo, *Malpighia emarginata* (Malpighiaceae). A guilda de abelhas coletoras de óleo está associada à presença de plantas produtoras de óleos florais (Gaglianone, 2003). A guilda de abelhas que nidifica no solo demonstrou sofrer uma influência negativa da pavimentação. Das 41 espécies de abelhas amostradas neste estudo apenas 18% são da guilda que nidifica no solo. Conforme a pavimentação do entorno aumenta menor é a abundância de abelhas dessa guilda nas AVUs. A influência negativa da pavimentação sobre essa guilda de abelhas se dá tanto pela substituição frequente de áreas de solo exposto por áreas pavimentadas nas AVUs e entorno, quanto pela retirada de pequenas moitas ou arbustos de vegetação espontânea que fornecem recursos de alimentação (Taura & Laroca, 2001). Para abelhas que nidificam no solo, a disponibilidade de local para a construção de ninhos pode ser mais importante no estabelecimento e crescimento das suas populações do que a disponibilidade de recursos alimentares (Threlfall *et al.*, 2015; Senapathi *et al.*, 2017).

Já os machos de Euglossini coletores de fragrâncias foram amostrados em maior abundância nas áreas U1, U13 e U14. As AVUs U13 e U14 são manchas de vegetação em regeneração espontânea e U1 é uma praça próxima a esses fragmentos. A presença de fragmentos com vegetação pode ter influenciado a abundância de abelhas Euglossini nessas áreas. Brosi (2009) encontrou uma relação positiva dessas abelhas com fragmentos de florestas secundárias ou que sofreram distúrbios em seu artigo sobre os efeitos da fragmentação sobre abelhas Euglossini. A maior abundância dos machos de Euglossini encontrada foi da espécie *Euglossa cordata* e *Eulaema nigrita* que segundo (Neves & Viana, 1997; Rebelo & Silva, 1999; Viana *et al.*, 2002) são espécies comumente encontradas em áreas abertas, ambientes alterados e podem ser consideradas indicadoras de ambiente degradados.

Sete das 12 AVUs apresentaram riqueza abaixo do estimado pelo índice de Chao-1. O declínio da diversidade e abundância de abelhas em todo o mundo já é verificado em vários estudos e desperta o interesse de muitos cientistas, já que as abelhas são responsáveis pela polinização de muitos cultivos e plantas silvestres (Bartomeus *et al.*, 2013; Kerret *et al.*, 2015). A perda na comunidade de abelhas pode ser evitada se o ambiente fornecer uma paisagem mais complexa com uma maior quantidade de habitats disponíveis para forrageamento (Herbertsson *et al.*, 2016). Alguns estudos que compararam áreas urbanas com agrícolas concluíram que as áreas urbanas bem manejadas apresentam melhores condições para abrigar comunidade de abelhas e outros polinizadores ou mesmo funcionar como corredores que conectem áreas onde o uso do solo é hostil (ex. monoculturas agrícolas) a locais com recursos (Baldock *et al.*, 2015; Martins *et al.*, 2017). O primeiro estudo realizado em áreas verdes urbanas por Faeth & Kane (1978) mostrou que essas áreas funcionavam como ilhas, onde polinizadores encontravam recursos e local de nidificação apesar de estarem cercados de um ambiente pouco hospitaleiro.

A maioria das espécies de plantas observada nas AVUs ofereceu néctar e pólen na mesma flor, enquanto as demais espécies ofereceram os recursos separadamente. Essa maior disponibilidade de recursos auxilia na manutenção das comunidades de abelhas nas AVUs. Makinson *et al.* (2017) encontraram em sua pesquisa que flores de plantas ofertavam apenas pólen e a falta de outros recursos influenciou negativamente a riqueza e abundância de abelhas.

Neste estudo, 55% das plantas onde foram amostradas abelhas em flor nas AVUs eram nativas e as espécies exóticas apenas superaram o número de espécies nativas em quatro AVUs (U2, U8, U10 e U11). Uma prática comum em áreas urbanas é a substituição de espécies de plantas nativas por exóticas (Marzluff & Ewing, 2001; Gonget *et al.*, 2013). Assim, era esperado um maior número de plantas exóticas nas AVUs de Campos dos Goytacazes, uma vez que a cidade cresceu sobre terras deixadas pelas usinas de cana de açúcar. A vegetação existente é espontânea ou foi plantada por iniciativa dos moradores e pelo poder público (Pedlowski *et al.*, 2002). Os resultados do presente estudo indicaram que a origem das plantas não influenciou na riqueza e abundância de abelhas. Contudo, a diferença na distribuição de abelhas nas plantas foi observada para as tribos. Apini e Halictini foram encontradas principalmente em

espécies de plantas exóticas, como por exemplo, *Duranta erecta*, *Plumbago auriculata* e *Mangifera indica*. Por outro lado, abelhas das tribos Meliponini e Augochlorini foram mais abundantes em espécies nativas como *Triplaris americana* e *Turnera subulata*. Em pesquisa realizada nos jardins do Reino Unido, Salisbury *et al.*(2015) encontraram diferença na composição dos insetos sobre as plantas nativas e exóticas. A maior abundância dos polinizadores foi amostrada sobre espécies nativas. O uso de espécies nativas na vegetação de áreas urbanas é adequado para manter populações de polinizadores locais, principalmente espécies com nicho alimentar mais restrito, como é o caso das espécies especialistas ou oligoléticas (Bosch *et al.*,1997; Potts *et al.*, 2003)

A riqueza de plantas e a cobertura de flores apresentaram relação com o aumento da riqueza e abundância de abelhas. Alta riqueza de plantas nas AVUs pode resultar em disponibilidade contínua dos recursos alimentares ao longo do ano, favorecendo a manutenção e aumento populacional das abelhas. Um estudo realizado por Kaluza *et al.* (2018) com abelhas sociais mostrou que a maior variedade e disponibilidade de flores com pólen e néctar acessíveis ao longo do ano permitiu o aumento da ingestão desses recursos, o que afetou positivamente o crescimento de colônias e a produção de proles. É importante ressaltar, que uma dieta polifloral consequência da alta riqueza de plantas, também melhora a eficiência do sistema imunológico das abelhas (Alaux *et al.*, 2011).

Destaca-se a importância de plantas de hábito herbáceo para a manutenção da comunidade de abelhas nas AVUs de Campos dos Goytacazes. Mesmo assim essas plantas sofrem constantes podas, que deixam as áreas desprovidas de recursos para abelhas. Essa relevância de plantas herbáceas foi observada principalmente durante amostragens na U3 e U8, visto que, dentre as 12 espécies onde foram amostradas abelhas, oito eram herbáceas. Das abelhas solitárias e de nível intermediário de socialidade amostradas com rede entomológica 55% estavam em espécies de plantas herbáceas. Rollin *et al.* (2013) ao compararem o uso de recursos entre *A. mellifera* e abelhas nativas em área de cultivos agrícolas, concluíram que abelhas nativas demonstraram preferência por plantas herbáceas. Segundo estes autores, ao aprovisionarem suas células de cria, as abelhas nativas são beneficiadas pela variedade de recursos oferecidos por diferentes herbáceas, tornando essa tarefa mais eficiente

que coletar em muitas flores da mesma espécie de planta como é ofertado por cultivos agrícolas escolhidos por *A. mellifera*.

O padrão de urbanização das praças utilizado em Campos dos Goytacazes costuma privilegiar a construção de quadras, quiosques e outras estruturas. De acordo com as medidas aferidas durante este estudo em média 66% da área total das AVUs apresentam solo impermeabilizado. Esse modelo de urbanização foi observado em sete das doze áreas estudadas (U1,U2,U3,U4,U8,U9,U12). A impermeabilização do solo como uma característica marcante da paisagem nas AVUs de Campos dos Goytacazes foi corroborada na análise do PCA, que evidenciou a impermeabilização do solo como uma variável de maior influência na estrutura da comunidade de abelhas. As AVUs U1 e U8 apresentaram maior diversidade de abelhas, apesar de seguirem o mesmo modelo de praça. No entanto essas são áreas limítrofes com grandes áreas de solo exposto e vegetação, mostrando que a ausência de pavimentação com a manutenção dessas áreas favorece outras espécies de abelhas mais sensíveis e com demandas específicas, como as que nidificam no solo ou em cavidades em troncos de árvores (Threlfall *et al.*, 2017).

Dentre as AVUs, a área U11 é considerada um bosque urbano que apresentou a maior área, o maior número de árvores e o menor percentual de pavimentação. Com isso, era esperado que essa AVU apresentasse os maiores parâmetros da comunidade, no entanto, apenas a riqueza de abelhas foi alta. O tamanho das áreas verdes é importante para que as condições abióticas formem um microclima benéfico para os polinizadores (McIntyre, 2000; Zanette *et al.*, 2005). Segundo Quistberg *et al.* (2016), o tamanho da área verde está positivamente correlacionado com a riqueza e abundância de flores, ou seja, quanto maior a área verde urbana maior a possibilidade de serem encontradas mais flores e, dessa forma, influenciar positivamente na riqueza e abundância de abelhas. Neste estudo, no entanto apesar de ser uma AVU grande, U11 sofre constantes intervenções como a retirada de árvores e poda da vegetação, o que pode ser associado ao baixo percentual de cobertura de flores dessa AVU.

O baixo valor da equitatividade de interações na U1 deve-se ao fato de que muitas abelhas de apenas duas espécies realizaram muitas interações com uma espécie de planta. Em todas as amostragens foram observados maior abundância de indivíduos de *A. mellifera* e *T. spinipes* interagindo com *Melaleuca viminalis*

uma espécie exótica, perene, com florescimento massivo, que fornece como recurso néctar e pólen para a mesma AVU. Baixa equitatividade pode indicar ambientes degradados ou com espécies invasoras em processo de homogeneização característica de áreas urbanas (Kaiser-Bunbury *et al.*, 2015). Neste caso apenas uma espécie de planta oferece recursos para *A. mellifera* e *T. spinipes*, a retirada da espécie *Callistemon citrinus* provocaria a perda de recursos disponíveis o ano todo para 50% das abelhas amostradas na U1. Por outro lado, nas AVUs U4, U8 e U12 os índices de equitatividade foram maiores o que mostra que as interações foram melhor distribuídas incluindo interações entre especialistas e generalistas em uma relação assimétrica que aumenta as chances de uma abelha especialista persistir no ambiente que sofre alterações.

A conectância da U5 foi a maior de todas as AVUs estudadas. Essa área apresentou a menor riqueza de espécies de abelhas e 70% da sua composição é de abelhas sociais que visitam muitas flores e elevam o número de ligações realizadas. A U5 é uma área com muitas árvores antigas que apresentou o segundo maior DAP médio deste estudo e onde foram encontrados cinco ninhos de Meliponini. Três ninhos de *Nannotrigona testaceicornis* em tronco de *Schinus terebinthifolius* e dois de *Plebeia droryana* em tronco de *Caesalpinia ferrea*. Estas duas espécies de abelhas foram as mais abundantes na área U5 e interagiram com quase todas as espécies de plantas nesta área.

Assim como U5 outras áreas com maior conectância como U4, U7, U8 e U9 também tiveram baixa riqueza de abelhas e abundância predominante de abelhas sociais. Nessas áreas foi observado valores altos de robustez de abelhas e plantas. Esse padrão também foi encontrado por Dunne *et al.* (2002) em rede trófica, o que mostra que a robustez tem uma relação positiva com a conectância e é independente da riqueza. A alta robustez sugere que essas áreas estão menos suscetíveis a remoções secundárias. Kaiser-Bunbury *et al.* (2010) em estudo sobre redes de interação mutualística afirmam que a extinção de espécies mais comuns e conectadas é mais raro que espécies raras e menos conectadas. No entanto, intervenções humanas ou processos ecológicos podem atingir as espécies sociais mais abundantes do sistema que interagem com um maior número de plantas e desestabilizar toda a estrutura da comunidade.

A hipótese deste estudo de que áreas verdes urbanas que apresentaram maior disponibilidade de flores com menor área impermeabilizada possuem

comunidade de abelhas com maior riqueza e abundância de indivíduos foi confirmada. As variáveis que melhor explicaram a estrutura da comunidade foram a cobertura de flores, o DAP das árvores e o percentual de pavimentação do entorno, confirmando a importância da vegetação e da pavimentação para as AVUs. O crescimento urbano inevitável conciliado com a proteção das abelhas em áreas verdes urbanas vem sendo defendido por vários pesquisadores em todo o mundo (Baldock *et al.*, 2015; Hall *et al.*, 2017; Normandin *et al.*, 2017). Parece necessário que alguns aspectos sejam observados pelo poder público a fim de tornar as AVUs mais amigáveis para abelhas, que considere uma escolha criteriosa de plantas atrativas, com variedade e quantidade de flores (Garbuzov *et al.*, 2017).

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O grande desafio dos próximos anos é construir cidades que facilitem a coexistência de seres humanos com outros animais e plantas. Para isso é necessário que gestores e planejadores urbanos considerem a biodiversidade e suas funções no ecossistema. Os resultados deste estudo mostraram que existem abelhas nas áreas verdes de Campos dos Goytacazes, que contribuem com a biodiversidade e a polinização das plantas na área urbana e possivelmente em outras áreas adjacentes como áreas agrícolas. Os resultados indicam que áreas verdes urbanas mais amigáveis às abelhas podem se tornar refúgios para muitas espécies nativas que não causam problemas ao homem e, pelo contrário, contribuem para a polinização. Como a estrutura da comunidade de abelhas está diretamente ligada à disponibilidade de flores e impermeabilização do solo, conforme mostraram os resultados, é importante que o modelo de áreas verdes adotado em Campos dos Goytacazes seja revisto. Metade das áreas verdes urbanas estudadas tem mais de 50% de sua área impermeabilizada e a vegetação está restrita a pequenos canteiros. Além disso, o manejo da vegetação é feito sem cuidado em manter as flores, que são o recurso principal para os polinizadores. A consequência disso é que as plantas ficam sem florescer por muito tempo e outras morrem. As praças ficam pouco atrativas para as pessoas e para as abelhas.

Observou-se um processo de homogeneização da comunidade de abelhas, com a presença da abelha exótica *A. mellifera* em grande quantidade nas praças enquanto outras espécies estão desaparecendo. Isso ocorre porque o ambiente urbano tende a favorecer a *A. mellifera* já que essa espécie consegue nidificar em construções humanas e utiliza uma grande variedade de recursos. *Apis mellifera* é importante polinizadora de várias espécies de plantas, produz mel, própolis e geleia real, no entanto representa uma ameaça para as pessoas nas áreas urbanas. Alguns acidentes relacionados a ferroadas individuais ou ataques coletivos dessas abelhas são relatados anualmente em várias cidades do Brasil. Entretanto, as espécies de abelhas nativas não oferecem perigo. As abelhas nativas necessitam de recursos florais e países como Alemanha e Canadá oferecem “hotéis” para abelhas em áreas públicas. Essa iniciativa aumenta a opção de local para que as abelhas façam seus ninhos, e também oportunizam ações de educação ambiental. Adultos e crianças conscientes de que nem todas as abelhas representam riscos e que prestam um importante papel na produção de alimentos e manutenção da vegetação, podem ser aliados fundamentais na conservação das abelhas.

Este é o primeiro estudo realizado na área urbana de Campos dos Goytacazes que possibilitou conhecer a estrutura da comunidade de abelhas, a paisagem e as interações abelha-planta que acontecem nas áreas verdes da cidade. Como a urbanização é um processo dinâmico, e tende a crescer mais rapidamente nas cidades médias de países em desenvolvimento, como é o caso do município estudado, a perda de espécies de abelhas em Campos dos Goytacazes parece inevitável caso o modelo de urbanização não seja modificado. O manejo das áreas verdes urbanas é complexo e precisa levar em consideração muitos fatores, como aclimação e adequação das espécies aos aparelhos urbanos. Entretanto, é preciso ainda colocar atenção também em fatores que contribuam para minimizar os efeitos negativos da urbanização sobre a comunidade de abelhas. Um bom manejo inclui uma escolha de plantas que ofereçam recursos para abelhas e outros polinizadores. Esse trabalho apresenta uma extensa lista de plantas onde as abelhas foram amostradas que poderá servir como referência para esta escolha. Para esse manejo, recomenda-se entre as espécies arbóreas *Schinus terebinthifolius* (aroeira), espécie com rápido crescimento e que oferece recursos para diferentes espécies. Várias espécies de

Fabaceae, por exemplo, são recomendadas por serem fonte de recursos para abelhas de grande porte como as do gênero *Xylocopa*, que só foram amostradas em suas flores. Já as palmeiras, muito utilizadas na ornamentação das áreas verdes de Campos dos Goytacazes, são muito visitadas por abelhas africanizadas (*A. mellifera*), que por sua vez devem ser evitadas nas áreas urbanas; assim sugere-se que o plantio de palmeiras seja avaliado e talvez substituído por outras árvores que atraiam diferentes espécies de abelhas.

Este estudo também indicou que a vegetação herbácea espontânea é uma importante fonte de recursos para as abelhas nativas. A manutenção dessa vegetação ou pode representar uma fonte de recursos constante para abelhas, já que são muitas espécies que florescem o ano todo. A extensa impermeabilização do solo deve ser evitada, pois além de não ser benéfica para as abelhas, que não encontram recursos e local para fazer seus ninhos, provoca o aquecimento local. Sugere-se que sejam inseridos canteiros maiores que permitam o plantio de diferentes espécies vegetais ou o estabelecimento de plantas espontâneas o que pode contribuir para que o ambiente das praças se torne mais amigável à biodiversidade. A impermeabilização do entorno das áreas verdes também influenciou a estrutura da comunidade de abelhas. Além disso, as áreas verdes próximas a manchas de vegetação apresentaram maior riqueza de abelhas. Entretanto, essas manchas estão sob forte pressão imobiliária, o que é muito preocupante pois manchas de vegetação maiores na cidade estão se tornando raras. É urgente que os gestores de Campos dos Goytacazes atentem para a importância de conservar essas manchas de vegetação e busquem criar novos espaços vegetados. A criação e manutenção de parques urbanos com alta cobertura vegetal é importante para manter o clima e aumentar a biodiversidade de importantes animais, como polinizadores e dispersores de sementes, na área urbana. Esta visão é almejada dentro de dois dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU o item 15 que trata da Vida terrestre e visa proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da Terra e deter a perda da biodiversidade e o item 11 que trata de Cidades e comunidades sustentáveis com objetivo de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Esse trabalho considera que as políticas urbanas planejadas, levando em consideração os outros organismos, podem diminuir os impactos negativos provocados pela urbanização rápida. Uma nova forma de olhar a cidade, que considere o homem como parte do ecossistema e que ao conservar outras espécies estará conservando sua qualidade de vida no ambiente urbano.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, W.M. (2007). *Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em remanescentes de mata estacional semidecidual sobre tabuleiro no estado do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ. 80p.
- Alaux, C.; Dantec, C.; Parrinello, H.; Le Conte, Y. (2011). Nutrigenomics in honey bees: digital gene expression analysis of pollen's nutritive effects on healthy and varroa-parasitized bees. *BMC Genomics*, 12: 496.
- Almeida, M. & Laroca, S. (1988). *Trigona spinipes* (Apidae, Meliponinae): Taxonomia, bionomia e relações tróficas em áreas restritas. *Acta Biológica Paranaense*, 1(1,2,3,4): 67-108.
- Baldock, K.C.R.; Goddard, M.A.; Hicks, D.M.; Kunin W.E.; Mitschunas, N.; Osgathorpe, L.M.; Potts, S.G.; Robertson, K.M.; Scott, A.V.; Stone, G.N.; Vaughan, I.P. & Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceeding of the Royal Society B*, 282: 2014-2849.
- Banaszak-Cibicka, W. & Żmihorski, M. (2012). Wild bees along a urban gradient: winner sand losers. *Journal of Insect Conservation*, 16: 331-343.
- Banaszak-Cibicka, W.; Ratyńska, H. & Dylewski, L. (2016). Features of urban green space favourable for large and diverse bee populations (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes). *Urban for Urban Green*, 20: 448-452.
- Bartomeus, I.; Ascher, J.S.; Gibbs, J.; Danforth, B.N.; Wagner, D.L.; Hedtke, S.M. & Winfree, R. (2013) Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(12):4656-4660.
- Bascompte, J. (2007). Networks in ecology. *Basic and Applied Ecology*, 8: 485-490.
- Biesmeijer, J.C. & Slaa, E.J. (2006). The structure of eusocial bee assemblages in Brazil. *Apidologie*, 37(2): 240-258.
- Biesmeijer, J.C.; Slaa, E.J.; Castro, M.S.; Viana, B.F.; Kleinert, A.M.P. & Imperatriz Fonseca, V.L. (2005). Connectance of brazilian social bee-food

- plant networks is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. *Biota Neotropica*, 5: 1-8.
- Bosch, J.; Retana, J. & Cerdá, X. (1997). Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous Mediterranean plant community. *Oecologia*, 109: 583-591.
- Brosi, B.J. (2009). The effects of forest fragmentation on Euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Biological Conservation*, 142: 114-423.
- Brun, F.G.K.; Link, D. & Brun, E.J. (2007). O emprego da arborização na manutenção da biodiversidade de fauna em áreas urbanas. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 2(1): 117-127.
- Cadenasso, M.L.; Pickett, S.T. & Schwarz, K. 2007. Spatial heterogeneity in urban ecosystems: reconceptualizing land cover and a framework for classification. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(2): 80-88.
- Cane, J.H. & Sipes, S. (2006). Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. 99-122p. In: Waser, N.M. & Ollerton, J. (eds.). *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. Chicago: University of Chicago Press.
- Cane, J.H.; Minckley, R.L.; Kervin, L.J.; Roulston, T.H. & Williams, N.M. (2006). Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications*, 16(2): 632-644.
- Cardoso, M. & Gonçalves, R. 2018. Reduction by half: the impact on bees of 34 years of urbanization. *Urban Ecosystems*, 21(5): 943-949.
- Centro de Informações e Dados de Campos. (2015). Perfil de praças e jardins de Campos - CIDAC/PMGC. Disponível em: <https://cidac.campos.rj.gov.br/pracas/mobile/index.html#p=16>. Acesso em: 12 nov. 2018.
- Cortopassi-Laurino, M.; Alves, D. & Imperatriz-Fonseca, V.L. (2009). Árvores neotropicais, recursos importantes para a nidificação de abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini). *Mensagem Doce*, 100:21-28.
- Dearborn, D.C. & Kark, S. (2010). Motivations for conserving urban biodiversity. *Conservation Biology*, 24(2): 432-440.

- Dover, J. & Settele, J. (2009). The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: A review. *Journal of Insect Conservation*, 13: 3-27.
- Dunne, J.A.; Williams, R.J. & Martinez, N.D. (2002). Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*, 5: 558-567.
- Encinas, J.I.; Fernandes da Silva, G. & Ticchetti, I. (2002). *Comunicações Técnicas Florestais: Variáveis dendrométricas*. Brasília: Universidade de Brasília e MMA, 102p.
- Faeth, S.H. & Kane, T.C. (1978). Urban biogeography: City parks as islands for Diptera and Coleoptera. *Oecologia*, 32:127-133.
- Fortel, L.; Henry, M.; Guilbaud, L.; Guirao, A.L.; Kuhlmann, M.; Mouret, H. & Vaissière, B.E. (2014). Decreasing abundance, increasing diversity and changing structure of the wild bee community (Hymenoptera: Anthophila) along an urbanization gradient. *PLoS ONE*, 9(8): e104679.
- FloraBrasil. (2019). *Flora do Brasil 2020*. Disponível em: [www.http://floradobrasil.jbrj.gov.br/](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/). Acesso em: 15 abr. 2019.
- Gaglianone, M.C. (2003). Abelhas da tribo Centridini na Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antonio, SP): composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae. p 279-284. In: Melo, G.A.R. & Alves dos Santos, I. (orgs.). *Apoidea neotropica: Homenagem aos 90 anos de Jesus Santiago Moure*. Criciúma: Editora UNESC, 320p.
- Garbuzov, M.; Alton, K. & Ratnieks, F.L. (2017). Most ornamental plants on sale in garden centres are unattractive to flower-visiting insects. *PeerJ*, 5: e3066.
- Gathmann, A. & Tschardt, T (2002) Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, 71: 757-764.
- Gong, C.; Chen, J. & Yu, S. (2013). Biotic homogenization and differentiation of the flora in artificial and near-natural habitats across urban greenspaces. *Landscape and Urban Planning*, 120: 158-169.
- Hall, D.M.; Camilo, G.R.; Tonietto, R.K.; Ollerton, J.; Ahrné, K.; Arduser, M.; Ascher, J.S.; Baldock, K.C.R.; Fowler, R.; Frankie, G.; Goulson, D.; Gunnarsson, B.; Hanley, M.E.; Jackson, J.I.; Langellotto, G.; Lovenstein, D.; Minor, E.S.; Philpot, S.M.; Potts, S.G.; Sirohi, M.H.; Spevak, E.M.; Stone,

- G.N. & Threlfall, C.G. (2017). The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, 31: 24-29.
- Hamblin, A.L.; Youngsteadt, E. & Frank, S.D. (2018). Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density. *Urban Ecosystems*, 21(3), 419-428.
- Hammer, Q.; Harper, D.A.T & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1): 9p.
- Herbertsson, L.; Lindstrom, S.A.M.; Rundlof, M.; Bommarco, R. & Smith, H.G. (2016). Competition between managed honeybees and wild bumblebees depends on landscape context. *Basic and Applied Ecology*, 17: 609-616.
- Horsák, M.; Lososová, Z.; Čejka, T.; Juříčková, L. & Chytrý, M. (2013). Diversity and biotic homogenization of urban land-snail faunas in relation to habitat types and macroclimate in 32 central European cities. *PLoS One*, 8:e71783.
- IBGE. (2018). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- IBGE. (2019). *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- Imperatriz-Fonseca, V.L. (2004). *Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização*. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/vinces/logo/vera.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- Jordano, P. (1987). Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist*, 129: 657-677.
- Kaiser-Bunbury, C.N.; Blüthgen, N. (2015). Integrating network ecology with applied conservation: synthesis and guide to implementation. *AOB Plants*, 7: plv 076.
- Kaiser-Bunbury, C.N.; Muff, S.; Memmott, J.; Müller, C.B. & Caflisch, A. (2010). The robustness of pollination networks to the loss of species and interactions: a quantitative approach incorporating pollinator behaviour. *Ecology Letters*, 13(4): 442-452.
- Kaluza, B.F.; Wallace, H.M.; Heard, T.A.; Minden, V.; Klein, A. & Leonhardt, S.D. (2018). Social bees are fitter in more biodiverse environments. *Scientific Reports*, 8: 12353.

- Kerr, J.T.; Pindar, A.; Galpern, P.; Packer, L.; Potts, S.G.; Roberts, S.M.; Rasmont, P.; Schweiger, O.; Colla, S.R.; Richardson, L.L.; Wagner, D.L.; Gall, L.F.; Sikes, D.S. & Pantoja, A. (2015) Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244): 177-180.
- Köppen, W. & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, Wall-map 150cmx200cm.
- Levé, M.; Baudry, E. & Bessa-Gomes, C. (2019). Domestic gardens as favorable pollinator habitats in impervious landscapes. *Science of the Total Environment*, 647: 420-430.
- Lorenzi, H. 1992. *Árvores Brasileiras*. Vol.1. Nova Odessa-SP: Editora Plantarum. 368p.
- Lorenzi, H. 1998. *Árvores Brasileiras*. Vol.2. Nova Odessa-SP: Editora Plantarum. 368p.
- Makinson, J.M.; Threlfall, C.G. & Latty, T. (2017). Bee-friendly community gardens: Impact of environmental variables on the richness and abundance of exotic and native bees. *Urban Ecosystems*, 20(2): 463-476.
- Martins, C.F.; Cortopassi-Laurino, M.; Koedam, D. & Imperatriz-Fonseca, V.L. (2004). Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). *Biota Neotropica*, 4(2): 1-8.
- Martins, A.C.; Gonçalves, R.B. & Melo, G.A. (2013). Changes in wild bee fauna of a grassland in Brazil reveal negative effects associated with growing urbanization during the last 40 years. *Zoologia*, 30(2): 157-176.
- Martins, K.T.; Gonzalez, A.; Lechowicz, M.J. (2017). Patterns of pollinator turnover and increasing diversity associated with urban habitats. *Urban Ecosystems*, 20(6): 1359-1371.
- Marzluff, J.M. & Ewing, K. (2001). Restoration of fragmented landscapes for the conservation of birds: a general framework and specific recommendations for urbanizing landscapes. *Restoration Ecology*, 9: 280-292.
- McFrederick, Q.S. & LeBuhn, G. (2006). Are urban parks refuges for bumble bees *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)? *Biological Conservation*, 129: 372-382.
- McIntyre, N.E. (2000). Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 826-835.

- McKinney, M.L. (2004). Do exotics homogenize or differentiate communities? Roles of sampling and exotic species richness. *Biological Invasions*, 6: 495-504.
- McKinney, M.L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3): 247-260.
- McKinney, M.L. & Lockwood, J.L. (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology & Evolution*, 14: 450-453.
- Michener, C.D. (1969). Social behavior of bees. *Annual review of Entomology*, 14(1): 299-342.
- Michener, C.D. (2007). *The Bees of the World*. 2nd ed., Baltimore: Johns Hopkins University Press. 953p.
- Morato, E.F. & Martins, R.P. (2006). An overview of proximate factors affecting the nesting behavior of solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in preexisting cavities in wood. *Neotropical Entomology*, 35(3): 285-298.
- Nações Unidas. (2014). *Department of economic and social affairs, population division, world urbanization prospects: the 2014 revision, highlights (ST/ESA/SER.A/352)*. New York: United Nations, 27p.
- Nemésio A. (2009). Orchid bees (Hymenoptera: Apidae) of the Brazilian Atlantic Forest. *Zootaxa*, 2041: 1-242.
- Neves, E.L. & Viana, B.F. (1997). Inventário da fauna de Euglossina (Hymenoptera, Apidae) do baixo sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(4): 831-837.
- Normandin, É.; Vereecken, N.J.; Buddle, C.M. & Fournier, V. (2017). Taxonomic and functional trait diversity of wild bees in different urban settings. *PeerJ*, 5: e3051.
- Ollerton, J.; Erenler, H.; Edwards, M. & Crockett, R. (2014). Extinctions of Aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*, 346: 1360-1362.
- Pedlowski, M.A.; Carneiro da Silva, V.A.; Adell, J.J.C. & Heynen, N.C. (2002). Urban forest and environmental inequality in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil. *Urban Ecosystems*, 6 (1-2): 9-20.

- Plascencia, M. & Philpott, S. (2017). Floral abundance, richness, and spatial distribution drive urban garden bee communities. *Bulletin of Entomological Research*, 107(5): 658-667.
- Potts, S.G.; Vulliamy, B.; Dafni, A.; Ne'eman, G. & Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84: 2628-2642.
- Potts, S.G.; Biesmeijer, J.C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O. & Kunin, W.E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6): 345-353.
- Quistberg, R.D.; Bichier, P. & Philpott, S.M. (2016). Landscape and local correlates of bee abundance and species richness in urban gardens. *Environmental Entomology*, 45(3): 592-601.
- R Development Core Team. (2009). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Ramalho, A.V. (2006). *Comunidade de abelhas Euglossini (Hymenoptera; Apidae) em remanescentes de Mata Atlântica na bacia do Rio São João, RJ*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ. 73p.
- Ramalho, A.V.; Gaglianone, M.C. & Oliveira, M.L. (2009). Comunidades de abelhas Euglossina (Hymenoptera; Apidae) em fragmentos de Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53(1): 95-101.
- RCPol. (2016). *Rede de Catálogos Polínicos online*. Coordenado por Antonio Mauro Saraiva e Cláudia Inês da Silva - USP. Disponível em: <<http://chaves.rcpol.org.br/>>. Acesso em: 05 jan 2019.
- Rebelo, J.M.M. & Silva, F.S. (1999). Distribuição das abelhas Euglossini (Hymenoptera, Apidae) no Estado do Maranhão, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26: 379-391.
- Rollin, O.; Bretagnolle, V.; Decourtye, A.; Aptel, J.; Michel, N.; Vaissière, B.E. & Henry, M. (2013). Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 179:78-86.
- Roubik, D.W. (1989). *Ecology and natural history of the tropical bees*. New York: Cambridge University, 514p.

- Salisbury, A.; Armitage, J.; Bostock, H.; Perry, J.; Tatchell, M. & Thompson, K. (2015). Enhancing gardens as habitats for flower-visiting aerial insects (pollinators): should we plant native or exotic species? *Journal of Applied Ecology*, 52: 1156-1164.
- Savard, J.P.L.; Clergeau, P. & Mennechez, G. (2000). Biodiversity concept and urban ecosystems. *Landscape and Urban Planning*, 48(3): 131-142.
- Senapathi, D.; Goddard, M.A.; Kunin, W.E. & Baldock, K.C.R. (2017). Landscape impacts on pollinator communities in temperate systems: evidence and knowledge gaps. *Functional Ecology*, 31: 26-37.
- Seto, K.C.; Sánchez-Rodríguez, R. & Fragkias, M. (2010). The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 35: 167-194.
- Seto, K.C.; Parnell, S. & Elmqvist, T. (2013). A global outlook on urbanization, 1-12p. In: Elmqvist, T.; Fragkias, M.; Goodness, J.; Güneralp, B.; Marcotullio, P.J.; McDonald, R.I.; Parnell, S.; Schewenius, M.; Sendstad, M.; Seto, K.C. & Wilkinson, C. (Eds.). *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities*. Netherlands: Springer, 746p.
- Shochat, E.; Lerman, S.B.; Anderies, J.M.; Warren, P.S.; Faeth, S.H. & Nilon, C.H. (2010). Invasion, competition, and biodiversity loss in urban ecosystems. *BioScience*, 60(3): 199-208.
- Silveira, F.A.; Melo, G.A.R. & Almeida, E.A.B. (2002). *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, F. A. Silveira, 256 p.
- Souza, S.G.X.; Teixeira, A.F.R.; Neves, E.L.; Melo, A.M.C. (2005). As abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponina) residentes no Campus Federação/Ondina da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil. *Candombá-Revista Virtual*, 1(1): 57-69.
- Stagoll, K.; Lindenmayer, D.B.; Knight, E.; Fischer, J. & Manning, A.D. (2012). Large trees are keystone structures in urban parks. *Conservation Letters*, 5: 115-122.
- Steneck, R. & Dethier, M. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69(3): 476-498.
- Taura, H.M. (1990). *A comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) do passeio público, Curitiba, Paraná, Sul do Brasil: uma abordagem*

- comparativa*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 145p.
- Taura, H.M. & Laroca, S. (2001). A associação de abelhas silvestres de um biótopo urbano de Curitiba (Brasil), com comparações espaço temporais: abundância relativa, fenologia, diversidade e exploração de recursos. *Acta Biológica Paranaense*, 30: 135-137.
- Taura, H.M.; Laroca, S.; Barbosa, J.F. & Rodrigues, J. (2007). Melissocenótica (Hymenoptera, Anthophila) no Parque Florestal dos Pioneiros, Maringá, PR. (sul do Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 36(1-2): 47-65.
- Theodorou, P.; Radzevičiūtė, R.; Settele, J.; Schweiger, O.; Murray, T.E. & Paxton, R.J. (2016). Pollination services enhanced with urbanization despite increasing pollinator parasitism. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283: 20160561.
- Threlfall, C.G.; Walker, K.; Williams, N.S.G.; Hahs, A.K.; Mata, L.; Stork, N. & Livesley, S.J. (2015). The conservation value of urban green space habitats for Australian native bee communities. *Biological Conservation*, 187: 240-248.
- Threlfall, C.G.; Mata, L.; Mackie, J.A.; Hahs, A.K.; Stork, N.E.; Williams, N.S.G. & Livesley, S.J. (2017). Increasing biodiversity in urban green spaces through simple vegetation interventions. *Journal of Applied Ecology*, 54(6): 1874-1883.
- Tylianakis, J.M.; Laliberté, E.; Nielsen, A. & Bascompte, J. (2010). Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation*, 143: 2270-2279.
- Viana, B.F.; Kleinert, A.M.P. & Neves, E.L. (2002). Comunidade de Euglossini (Hymenoptera, Apidae) das dunas litorâneas do Abaeté, Salvador, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46 (4): 539-545.
- Westrich, P. (1996). *Habitat requirements of central European bee and the problems of partial habitats*. In: Linnean Society Symposium Series, Academic Press Limited, 1-16p.
- Wilcox, B.A. & Murphy, D.D. (1985). Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*, 125(6): 879-887.
- Zanette, L.R.S.; Martins, R.P. & Ribeiro, S.P. (2005). Effects of urbanization on neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4): 105-121.

- Zhao, S.; Da, L.; Tang, Z.; Fang, H.; Song, K. & Fang, J. (2006). Ecological consequences of rapid urban expansion: Shanghai, China. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(7): 341-346.
- Zotarelli, H.G.S.; Evans, D.M.; Bego, L.R. & Sofia, S.H. (2014). A comparison of social bee-plant networks between two urban areas. *Neotropical Entomology*, 43(5): 399-408.

## 9. APÊNDICES

**Apêndice 1** - Códigos de espécies de plantas e abelhas utilizados nas redes de interações.

<b>Espécies de plantas</b>	<b>Código</b>	<b>Espécie de abelha</b>	<b>Código</b>	<b>sp</b>
<i>Lantana camara</i>	Lan_cam	<i>Augochloropsis quadrans</i>	Ais_qua	sp11
<i>Senna siamea</i>	Sen_sia	<i>Augochloropsis</i> sp1	Ais_sp1	sp12
<i>Alpinia zerumbet</i>	Alp_zer	<i>Augochloropsis</i> sp2	Ais_sp3	sp13
<i>Alternanthera tenella</i>	Alt_ten	<i>Augochloropsis</i> sp3	Ais_sp4	sp14
<i>Amaranthus deflexus</i>	Ama_def	<i>Apis mellifera</i>	Api_mel	sp1
<i>Anacardium occidentale</i>	Ana_occ	<i>Augochlora</i> sp2	Aug_sp2	sp3
<i>Antigonos leptopus</i>	Ant_lep	<i>Augochlora</i> sp3	Aug_sp3	sp4
<i>Arachis repens</i>	Ara_rep	<i>Augochlora</i> sp4	Aug_sp4	sp5
<i>Averrhoa carambola</i>	Ave_car	<i>Augochlora</i> sp5	Aug_sp5	sp6
<i>Bauhinia forficata</i>	Bau_for	<i>Augochlora</i> sp6	Aug_sp6	sp7
<i>Bismarckia nobilis</i>	Bis_nob	<i>Augochlora</i> sp7	Aug_sp7	sp8
<i>Boerhavia diffusa</i>	Boe_dif	<i>Augochlora</i> sp8	Aug_sp8	sp9
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	Cae_pel	<i>Augochlora</i> sp9	Aug_sp9	sp10
<i>Cascabela thevetia</i>	Cas_the	<i>Augochlora thalia</i>	Aug_tha	sp2
<i>Cassia fistula</i>	Cas_fis	<i>Centris analis</i>	Cen_ana	sp15
<i>Chamaesyce hirta</i>	Cha_hir	<i>Centris tarsata</i>	Cen_tar	sp16
<i>Chloroleucon tortum</i>	Chl_tor	<i>Collets</i> sp	Col_sp	sp17
<i>Cissus verticillata</i>	Cis_ver	<i>Dialictus</i> sp1	Dia_sp1	sp19
<i>Cocos nucifera</i>	Coc_nuc	<i>Dicranthidium seabrai</i>	Dic_sea	sp23
<i>Commelina benghalensis</i>	Com_ben	<i>Dicranthidium</i> sp	Dic_sp	sp24
<i>Coniza bonariensis</i>	Con_bon	<i>Euglossa</i> sp	Eug_sp	sp26
<i>Cucúrbita moschata</i>	Cuc_mos	<i>Euglossa cordata</i>	Eug-cor	sp25
<i>Delonix regia</i>	Del_reg	<i>Eulaema flavescens</i>	Eul fla	sp27
<i>Desmodium sessilifolium</i>	Des_ses	<i>Eulaema nigrita</i>	Eul_nig	sp28
<i>Duranta erecta aurea</i>	Dur_ere	<i>Exomalopsis analis</i>	Exo_ana	sp29
<i>Emilia fosbergii</i>	Emi_fos	<i>Exomalopsis auropilosa</i>	Exo_aur	sp30
<i>Emilia sonchifolia</i>	Emi_son	<i>Hylaeus tricolor</i>	Hyl_tri	sp31
<i>Eugenia uniflora</i>	Eug_uni	<i>Megachile affabilis</i>	Meg_aff	sp32
<i>Hypochoeris brasiliensis</i>	Hyp_bra	<i>Megachile neoxanthoptera</i>	Meg_neo	sp34
<i>Ixora coccinea</i>	Ixo_coc	<i>Melitoma segmentaria</i>	Mel_seg	sp33
<i>Lagerstroemia indica</i>	Lag_ind	<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	Nan_tes	sp35
<i>Lecythis pisonis</i>	Lec_pis	<i>Plebeia droryana</i>	Ple_dro	sp36
<i>Licania tomentosa</i>	Lic_tom	<i>Plebeia</i> sp	Ple_sp	sp37
<i>Luffa aegyptiaca</i>	Luf_aeg	<i>Tetragonisca angustula</i>	Tet_ang	sp38
<i>Malpighia emarginata</i>	Mal_ema	<i>Trigona spinipes</i>	Tri_spi	sp39
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	Mal_cor	<i>Xylocopa frontalis</i>	Xyl_fro	sp40
<i>Mangifera indica</i>	Mag_ind	<i>Xylocopa nigrocincta</i>	Xyl_nig	sp41
<i>Melaleuca viminalis</i>	Mel_vim	<i>Xylocopa ordinaria</i>	Xyl_ord	sp42
<i>Mormodica charantia</i>	Mor_cha	<i>Xylocopa suspecta</i>	Xyl_sus	sp43
<i>Murraya paniculata</i>	Mur_pan			
<i>Ocimum gratissimum</i>	Oci_gra			
<i>Oxalis triangularis</i>	Oxa_tri			
<i>Pachira aquatica</i>	Pac_aqu			
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Par_hys			
<i>Plectranthus barbatus</i>	Ple_bar			
<i>Plumbago auriculata</i>	Plu_aur			
<i>Psychotria carthagenensis</i>	Psy_car			
<i>Punica granatum</i>	Pun_gra			
<i>Rhipsalis baccifera</i>	Rhi_bac			
<i>Rhododendron simsii</i>	Rho_sim			
<i>Richardia brasiliensis</i>	Ric_bra			
<i>Rousselia equisetiformis</i>	Rou_equ			
<i>Roystonea regia</i>	Roy_reg			

Continuação apêndice 1

---

<i>Ruellia simplex</i>	<b>Rue_sim</b>
<i>Sapindus saponária</i>	<b>Sap_sap</b>
<i>Schinus molle</i>	<b>Sch_mol</b>
<i>Schinus terebinthifolius</i>	<b>Sch_ter</b>
<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	<b>Sid_obt</b>
<i>Solanum americanum</i>	<b>Sol_ame</b>
<i>Sphagneticola trilobata</i>	<b>Sph_tri</b>
<i>Spondias mobin</i>	<b>Spo_mob</b>
<i>Strelitzia reginae</i>	<b>Str_reg</b>
<i>Syagrus oleracea</i>	<b>Sya_ole</b>
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	<b>Sya_rom</b>
<i>Syagrus schizophylla</i>	<b>Sya_sch</b>
<i>Syzygium malaccense</i>	<b>Syz_mal</b>
<i>Tabebuia</i> sp	<b>Tab_sp</b>
<i>Talinum triangulare</i>	<b>Tal_tri</b>
<i>Terminalia catappa</i>	<b>Ter_cat</b>
<i>Tithonia rotundifolia</i>	<b>Tit_rot</b>
<i>Tradescantia zebrina</i>	<b>Tra_zeb</b>
<i>Trianthema portulacastrum</i>	<b>Tri_por</b>
<i>Tridax procumbens</i>	<b>Tri_pro</b>
<i>Triplaris americana</i>	<b>Tri_ame</b>
<i>Turnera subulata</i>	<b>Tur_sub</b>
<i>Vernonia</i> sp	<b>Ver_sp</b>
<i>Zornia diphylla</i>	<b>Zor_dip</b>
Não identificada	<b>NI</b>

---