

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL**

**COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE ÁREAS URBANAS DA REGIÃO  
OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL**

**TESE DE DOUTORADO**

**Junir Antonio Lutinski**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

**COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA:  
FORMICIDAE) DE ÁREAS URBANAS DA REGIÃO OESTE  
DE SANTA CATARINA, BRASIL**

**Junir Antonio Lutinski**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Ciências Biológicas - Área Biodiversidade Animal**.

**Orientadora: Dra. Ana Beatriz Barros de Moraes**

**Coorientador: Dr. Benedito Cortês Lopes**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lutinski, Junir Antonio

Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de áreas urbanas da região oeste de Santa Catarina, Brasil / Junir Antonio Lutinski.-2014.

109 p.; 30cm

Orientadora: Ana Beatriz Barros de Moraes

Coorientador: Benedito Cortês Lopes

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2014

1. Fragmentação florestal 2. Áreas verdes urbanas 3. Conservação 4. Mata Atlântica 5. Planejamento urbano I. Barros de Moraes, Ana Beatriz II. Lopes, Benedito Cortês III. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE  
ÁREAS URBANAS DA REGIÃO OESTE DE SANTA CATARINA,  
BRASIL**

elaborada por  
**Junir Antonio Lutinski**


como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Doutor em Ciências Biológicas – Área Biodiversidade Animal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**Ana Beatriz Barros de Moraes, Dra. (UFSM)**  
(Presidente/Orientadora)

  
**Alci Eunimar Loeck, Dr. (UFPEL)**

  
**Ana Eugênia de Carvalho Campos, Dra. (Instituto Biológico, SP)**

  
**Flavio Roberto Mello Garcia, Dr. (UFPEL)**

  
**Rosana Matos de Moraes, Dra. (FEPAGRO)**

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014

**À minha esposa  
Adriani Marisa Corrêa Lutinski  
pelos 15 anos de apoio, carinho e compreensão.**

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio e a colaboração de várias pessoas e instituições. Quero agradecer a cada uma delas, mencionadas ou não neste texto:

À minha orientadora, Dra. Ana Beatriz Barros de Moraes, pela orientação, apoio, aprendizado, amizade e por ter depositado em mim a confiança necessária para o desenvolvimento deste estudo. Ao meu coorientador Dr. Benedito Cortês Lopes pela orientação e sugestões no desenvolvimento do trabalho assim como pela acolhida e apoio durante a estada na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para a confirmação dos táxons.

Aos colegas de laboratório, Ana Luiza Paz Gomes, Ana Paula Santos de Carvalho, Camila Graciotim, Geisa Piovesan, Renata Lemes, Ricardo Luís Spaniol e Taíse Colpo Ribeiro, pela convivência, sugestões e troca de conhecimentos.

À coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Dra. Sonia Zanini Cechin, e da mesma forma ao secretário do PPG, Sidnei Santos da Cruz, pelo atendimento pronto e cordial em todas as vezes que se fez necessário o auxílio da coordenação e da secretaria do curso. Ao professor Dr. Nilton Carlos Cáceres pelas valiosas sugestões durante a qualificação do projeto. Aos colegas Samanta Iop e Vinícius Matheus Caldart pela amizade, pela acolhida em Santa Maria, pelas trocas de conhecimentos e pelas muitas horas de conversa. Ficam também meus agradecimentos demais professores e colegas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado. Ao ICMBio/SISBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, pela licença de coleta. À Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) pela autorização de uso do Laboratório de Entomologia onde parte do estudo foi desenvolvido. Ao Ms. Félix Baumgarten Rosumek do Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC pelo auxílio na confirmação das espécies. Ao Dr. Rodrigo Machado Feitosa, ao Dr. Rogério Rosa da Silva e ao Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo pela atenção e pelo apoio durante o trabalho de comparação dos táxons com o material tombado no MZUSP. Aos proprietários das áreas particulares e aos gestores das áreas verdes, escolas e dos centros de reciclagem pela permissão de acesso às propriedades para a realização dos trabalhos de campo. À Ms. Cladis Juliana Lutinski e à bióloga Gisele Najar Porto pelo auxílio nas atividades de coleta, acondicionamento e triagem das formigas amostradas.

Aos meus pais José Domingos e Filomena Lutinski e aos meus irmãos Tiago Marcos e Cladis Juliana por me encorajarem a lutar pelos meus sonhos. A todos os meus familiares por me acolherem e torcerem pelo meu sucesso.

Por fim, agradeço à minha esposa Adriani e a minha filha Yasmim por dividirem todos os momentos comigo, compreendendo e me apoiando.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal  
Universidade Federal de Santa Maria

### COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE ÁREAS URBANAS DA REGIÃO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL

AUTOR: JUNIR ANTONIO LUTINSKI

ORIENTADORA: ANA BEATRIZ BARROS DE MORAIS

COORIENTADOR: BENEDITO CORTÊS LOPES

Data e Local de Defesa: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.

O processo de urbanização vem sendo tratado como uma das maiores ameaças à biodiversidade e, dentre os organismos encontrados em áreas urbanas, as formigas representam um grupo importante, porém ainda pouco estudado comparado a outros insetos. Conhecer a riqueza e a composição da mirmecofauna que habita áreas urbanas e os fatores que estão exercendo pressão sobre essas comunidades são imperativos para a elaboração de planos de manejo e conservação. Este estudo apresenta um inventário da mirmecofauna encontrada em dez áreas urbanas inseridas no sul do bioma Mata Atlântica e descreve as alterações da riqueza, abundância e composição de espécies entre quatro tipos de ambiente ao longo de um gradiente de intensificação de atividades antrópicas. Apresenta também informações sobre a influência temporal e microclimática (luminosidade, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento) sobre as assembleias de formigas. As amostragens foram conduzidas em fragmentos florestais, áreas verdes, escolas e centros de reciclagem. Foram realizadas duas séries completas de amostragens durante o ano de 2011, uma no verão (fevereiro e março) e outra na primavera (outubro e novembro). Como técnicas de amostragem, foram utilizadas iscas de sardinha, iscas de glicose e coleta manual. As assembleias de formigas de cada cidade foram avaliadas e comparadas por meio de análise de rarefação e estimativas de riqueza. A estrutura da comunidade de formigas foi descrita a partir de um teste de aninhamento (NODF) e de uma Análise de Espécies Indicadoras (ISA). O efeito temporal sobre a abundância e a composição das assembleias foi verificado através de uma ordenação NMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling*). Análises de Correspondência Canônica (CCA) foram utilizadas para determinar o efeito microclimático sobre as assembleias. Foram registradas 8.790 ocorrências de formigas, tendo sido identificadas 140 espécies, representantes de 37 gêneros, 19 tribos e nove subfamílias. Três dessas espécies, *Gnamptogenys sulcata* (Smith, 1858), *Camponotus personatus* Emery, 1894 e *Solenopsis invicta* Buren, 1972 foram registradas pela primeira vez no estado de Santa Catarina. Nove cidades apresentaram espécies exclusivas mostrando variação na composição das espécies de uma cidade para outra. Observou-se um padrão de aninhamento ao longo do gradiente avaliado, ou seja, as assembleias pertencentes aos ambientes sob maior pressão antrópica são subconjuntos da mirmecofauna dos ambientes mais conservados. Os fragmentos florestais apresentaram o maior número de espécies indicadoras (12), seguido pelas áreas verdes (4) e escolas (3). A amostragem realizada na primavera (outubro e novembro) resultou em uma riqueza 20% maior (S=132) comparada à amostragem realizada no verão (fevereiro e março) (S=104). A luminosidade e a umidade relativa foram as variáveis microclimáticas mais predominantes com influência sobre as assembleias de formigas nos três tipos de ambientes e nos dois períodos amostrais. Os resultados deste trabalho ampliam o entendimento sobre os fatores que regulam as atividades das formigas em ambientes de áreas urbanas e oferecem subsídios para a implementação de políticas de desenvolvimento urbano e para a elaboração de planos de conservação.

**Palavras-chave:** Conservação. Fragmentação florestal. Mata Atlântica. Planejamento urbano.



## ABSTRACT

Doctoral Thesis  
Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal  
Universidade Federal de Santa Maria

### ANT COMMUNITY (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) OF URBAN AREAS IN WESTERN STATE OF SANTA CATARINA, BRAZIL

AUTHOR: JUNIR ANTONIO LUTINSKI

ADVISOR: ANA BEATRIZ BARROS DE MORAIS

CO-ADVISOR: BENEDITO CORTÊS LOPES

Place and date of the defense: Santa Maria, February 27, 2014.

Urbanization process is a major threat to biodiversity, and among organisms found in urban areas, ants represent an important but understudied group compared to other insects. Knowing the richness and composition of the ant fauna inhabiting urban areas and the factors exerting pressure on these communities are imperative for the development of management and conservation plans. This study presents a survey of the ant fauna found in ten urban areas of southern Atlantic Forest biome and describes the changes in richness, abundance and species composition among four types of environments along a gradient of intensification of human activities. It also presents information about the temporal and microclimate influence (luminosity, temperature, relative humidity and wind speed) on ant assemblages. Sampling was conducted in forest fragments, green areas, schools and recycling centers. Two complete sets of samplings were performed in 2011, in the summer (February and March) and spring (October and November). Sardine and glucose baits, and manual collection were used as sampling techniques. Ant assemblages of each city were evaluated and compared by rarefaction analysis and richness estimates. The ant community structure was described from a Nestedness test (NODF) and an Indicator Species Analysis (ISA). The temporal effect on the abundance and composition of the assemblages was verified through an NMDS ordination (Non-Metric Multidimensional Scaling). Canonical Correspondence Analysis (CCA) was employed to determine the microclimate effect on the assemblages. We registered 8,790 occurrences of ants, and identified 140 species of 37 genera, 19 tribes and nine subfamilies. Three of these species, *Gnamptogenys sulcata* (Smith, 1858), *Camponotus personatus* Emery, 1894 and *Solenopsis invicta* Buren, 1972 were recorded for the first time in the Santa Catarina state. Exclusive species were found in nine cities, indicating variation in species composition from one city to another. A nesting pattern was observed along the gradient, i.e. the assemblages belonging to environments under greater human pressure are subsets of the ant fauna of more preserved environments. Forest fragments presented the highest number of indicator species (12), followed by green areas (4) and schools (3). The sampling conducted in spring (October and November) resulted in a 20% greater richness ( $S = 132$ ) compared to samples collected in summer (February and March) ( $S = 104$ ). The luminosity and relative humidity were the most prevalent microclimatic variables that influenced the assemblages of ants in the three types of environments and in the two sampling periods. These results expand our understanding of the factors that control the activity of ants in urban environments and provide subsidies for the implementation of policies for urban development and conservation plans.

**Key words:** Atlantic Forest. Conservation. Forest Fragmentation. Urban Planning.

## LISTA DE FIGURAS

### **ARTIGO 1: Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil**

Figura 1 - Localização geográfica de 10 cidades da região austral do domínio Mata Atlântica escolhidas para o desenvolvimento do estudo: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....32

Figura 2 - Comparação da riqueza de formigas de 10 cidades da região austral do domínio Mata Atlântica, pelo método de rarefação baseada no número de ocorrências: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....49

Figura 3 - Riquezas de formigas observadas e estimadas (Chao 2) com respectivos intervalos de confiança (95%) de dez cidades (Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN)) localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....50

### **ARTIGO 2: Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica**

Figura 1 - Comparativo da riqueza de formigas das réplicas de quatro ambientes (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escola: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). Os valores da riqueza estão apresentados na forma de *boxplots* que representam os valores das medianas, 1° e 3° quartis e valores extremos.....65

Figura 2 - Comparação, pelo método de rarefação baseada no número de ocorrências, da fauna de formigas de quatro tipos de ambientes (Florestas: fragmentos florestais; Verdes: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).....66

Figura 3 - Matriz de distribuição de espécies de formigas no gradiente de quatro tipos de ambientes (fragmentos florestais, áreas verdes, escolas e centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). Os ambientes estão dispostos nas linhas e as espécies nas colunas. A linha em diagonal indica a temperatura da matriz.....68

### **ARTIGO 3: Efeitos Microclimáticos e Temporais sobre a Assembleia de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de Áreas Urbanas do Oeste Estado de Santa Catarina**

Figura 1 - Análise de ordenação (NMDS) para a composição e abundância de formigas de duas amostras (fevereiro/março e outubro/novembro de 2011) realizadas em 30 fragmentos florestais de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, oeste do estado de Santa Catarina. Os números de 01 a 30 identificam os fragmentos florestais enquanto que as letras “a” e “b” indicam o primeiro e o segundo período de amostragem, respectivamente.....89

Figura 2 - Análise de ordenação (NMDS) para a composição e abundância de formigas de duas amostras (fevereiro/março e outubro/novembro de 2011) realizadas em 30 áreas verdes de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, oeste do estado de Santa Catarina. Os números de 01 a 30 identificam as áreas verdes enquanto que as letras “a” e “b” indicam o primeiro e o segundo período de amostragem, respectivamente.....90

Figura 3 - Análise de ordenação (NMDS) para a composição e abundância de formigas de duas amostras (fevereiro/março e outubro/novembro de 2011) realizadas em 30 escolas de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, do oeste do estado de Santa Catarina. Os números de 01 a 30 identificam as escolas enquanto que as

letras “a” e “b” indicam o primeiro e o segundo período de amostragem, respectivamente.....91

Figura 4 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 fragmentos florestais ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (fevereiro/março de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex lundii* (Guérin-Ménéville, 1838): *Aclu*; *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster bingo* Forel, 1908: *Crbi*; *Crematogaster magnifica* Santschi, 1925: *Crma*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1884: *Gnst*; *Linepithema gallardoi* Kusnezov, 1969: *Liga*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Odontomachus chelifer* (Latreille, 1802): *Odch*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Past*; *Pheidole dyctiota* Kempf, 1972: *Phdy*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 4: *Phs4*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pseudomyrmex* sp. 2: *Pss2*; *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855): *Pste*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis* sp. 2: *Sos2*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waau*.....92

Figura 5 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (temperatura e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 fragmentos florestais ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (novembro/dezembro de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Brachymyrmex cordemoyi* Forel, 1895: *Brcr*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus* sp. 3: *Cas3*; *Crematogaster bingo* Forel, 1908: *Crbi*; *Crematogaster magnifica* Santschi,

1925: *Crma*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Crematogaster* sp. 2: *Crs2*; *Crematogaster* sp. 3: *Crs3*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1884: *Gnst*; *Linepithema gallardoi* Kusnezov, 1969: *Liga*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Pachycondyla harpax* (Fabricius, 1804): *Paha*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Past*; *Pheidole dyctiota* Kempf, 1972: *Phdy*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 4: *Phs4*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pseudomyrmex* sp. 1: *Pss1*; *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855): *Pste*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 2: *Sos2*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793): *Tame*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waa*.....93

Figura 6 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 áreas verdes ( $\bullet$ ) situadas em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (fevereiro/março de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Acromyrmex lundii* (Guérin-Méneville, 1838): *Aclu*; *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893): *Acsu*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster acuta* (Fabricius, 1804): *Crac*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1853): *Cyri*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863): *Dopy*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Linepithema iniquum* (Mayr, 1870): *Liin*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Past*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855): *Pste*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waa*.....94

Figura 7 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 áreas verdes ( $\bullet$ ) situadas em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (novembro/dezembro de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Crematogaster* sp. 2: *Crs2*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Linepithema gallardoi* Kusnezov, 1969: *Liga*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Past*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Pseudomyrmex* sp. 1: *Pss1*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waa*.....95

Figura 8 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e velocidade do vento) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 ambientes escolares ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (fevereiro/março de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Acromyrmex lundii* (Guérin-Méneville, 1838): *Aclu*; *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893): *Acsu*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863): *Dopy*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*;

*Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*.....96

Figura 9 - Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e temperatura) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 ambientes escolares ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (novembro/dezembro de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863): *Dopy*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole pubiventris* Mayr, 1887: *Phpu*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpb*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Pogonomyrmex naegeli* Forel, 1878: *Pona*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waau*.....97

## LISTA DE TABELAS

### **ARTIGO 1: Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil**

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e altitude (m) de cada uma das dez cidades estudadas localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica.....	34
Tabela 2 - Riqueza e ocorrência de espécies exclusivas (E) de formigas de dez cidades localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....	36

### **ARTIGO 2: Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica**

Tabela 1 - Lista das espécies de formigas mais abundantes (a) e dominantes (*) com suas respectivas frequências relativas percentuais (%) nas amostras em quatro tipos de ambiente (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....	67
Tabela 2 - Lista das espécies de formigas com Valor de Indicação (VI) $\geq 25\%$ e probabilidade estatística (p) $\leq 0,05$ associadas a três tipos de ambientes (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....	67
Tabela S1 - Coordenadas geográficas, população urbana (Pop. urb.) e número de réplicas de quatro ambientes (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, Sul do Brasil, onde o estudo foi conduzido (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....	76
Tabela S2 - Lista das espécies de formigas com suas respectivas ocorrências em quatro ambientes: (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escola:	



ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....77

**ARTIGO 3: Efeitos Microclimáticos e Temporais sobre a Assembleia de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de Áreas Urbanas do Oeste do Estado de Santa Catarina**

Tabela 1 - Correlações entre as variáveis ambientais e as espécies nos eixos 1 e 2 nas análises de correspondência canônica (CCA). Assembleias de formigas amostradas três tipos de ambientes de áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina. Fevereiro e março (verão) e outubro e novembro (primavera) de 2011.....98

## LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1 - Caracterização de um fragmento florestal inserido em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.....106
- Apêndice 2 - Caracterização de uma área verde inserida em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.....106
- Apêndice 3 - Caracterização de ambiente escolar inserido em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.....107
- Apêndice 4 - Caracterização de centro de reciclagem inserido em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.....107
- Apêndice 5 - Caracterização das iscas de glicose (A) e sardinha (B) utilizadas para a amostragem de formigas em ambientes de áreas urbanas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....108
- Apêndice 6 - Distribuição das iscas de glicose e de sardinha utilizadas para a amostragem de formigas em ambientes de áreas urbanas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....108
- Apêndice 7 - Autorização do ICMBio para coleta e transporte de formigas de ambientes de áreas urbanas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).....109
- Apêndice 8 - Triagem (A) e montagem (B) dos espécimes. e identificação das formigas junto ao Museu de Zoologia da USP (C) comparando com a coleção de referência de formigas (D).....109

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	21
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	22
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25
<b>ARTIGO 1: DIVERSIDADE DE FORMIGAS URBANAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE DEZ CIDADES DO SUL DO BRASIL</b> .....	29
<b>Abstract</b> .....	29
<b>Resumo</b> .....	30
<b>Introdução</b> .....	30
<b>Material e métodos</b> .....	31
Área de estudo .....	31
Amostragem .....	33
Análise estatística .....	34
<b>Resultados</b> .....	35
<b>Discussão</b> .....	49
<b>Agradecimentos</b> .....	52
<b>Referências bibliográficas</b> .....	53
<b>ARTIGO 2: ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) EM QUATRO AMBIENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE PERTURBAÇÃO ANTRÓPICA</b> .....	58
<b>Resumo</b> .....	58
<b>Abstract</b> .....	59
<b>Introdução</b> .....	60
<b>Material e métodos</b> .....	61
Amostragem .....	62
Análise estatística .....	63
<b>Resultados</b> .....	64
<b>Discussão</b> .....	68

<b>Agradecimentos</b> .....	72
<b>Referências</b> .....	72
<b>Informações suplementares</b> .....	76

**ARTIGO 3: EFEITOS MICROCLIMÁTICOS E TEMPORAIS SOBRE A ASSEMBLEIA DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) DE ÁREAS URBANAS DO OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA** ..... 83

<b>Resumo</b> .....	84
<b>Introdução</b> .....	84
<b>Material e métodos</b> .....	86
Área de estudo .....	86
Amostragem .....	86
Análise estatística .....	87
<b>Resultados</b> .....	88
<b>Discussão</b> .....	98
<b>Agradecimentos</b> .....	101
<b>Referências</b> .....	101

**CONCLUSÕES** ..... 105

**APÊNDICES** ..... 106

## APRESENTAÇÃO

Esta tese foi organizada e estruturada segundo as normas de Estrutura e Apresentação de Monografias, Dissertações e Teses (MDT) da UFSM. Fazem parte deste trabalho uma Introdução geral formatada segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), três artigos (formatados de acordo com as normas das revistas às quais foram ou serão submetidos), Conclusões gerais seguida dos Apêndices.

**Artigo 1:** O primeiro artigo descreve a região onde o estudo foi desenvolvido, caracteriza os ambientes amostrados, os métodos de amostragem e as técnicas utilizadas na identificação dos táxons. Apresenta uma lista de espécies de formigas de 10 cidades inseridas no bioma Mata Atlântica, escolhidas para a realização do estudo. Apresenta comparações dos dados de composição, riqueza e abundância das assembleias além de estimativas de riqueza. Este artigo está apresentado segundo as normas da Revista Biota Neotropica. O mesmo foi publicado em 2013, no volume 13, número 3 da revista. A versão on-line completa deste artigo está disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n3/pt/abstract?inventory+bn02913032013>. Recebido em 09/04/2013 - Publicado em 02/09/2013. ISSN 1676-0603 (on-line).

**Artigo 2.** O segundo artigo amplia a caracterização dos ambientes amostrados e apresenta uma lista de espécies segundo o tipo de ambiente. Apresenta uma avaliação da variação da riqueza e da abundância de formigas ao longo de um gradiente de perturbação antrópica e descreve as espécies abundantes e dominantes em cada tipo de ambiente. Discute a composição das assembleias de formigas em função dos ambientes amostrados e a presença de espécies de formigas com potencial de indicação para cada ambiente. Este manuscrito está apresentado segundo as normas da Revista Ecología Austral (<http://www.ecologiaaustral.com.ar/index2.php>). Foi submetido em 13/08/2013 e recebeu aceite em 13/12/2013.

**Artigo 3.** O último artigo avalia a variação da riqueza das assembleias de formigas amostradas em dois períodos do ano, verão e primavera. Também descreve a influência de fatores microclimáticos sobre as assembleias. A assembleia de formigas dos centros de reciclagem foi removida deste artigo em função das elevadas variações microclimáticas registradas durante a amostragem. Este manuscrito está apresentado segundo as normas da Revista Neotropical Entomology. Será submetido à revista após a defesa da tese.

## INTRODUÇÃO

### **As formigas em ambientes urbanos**

Dentre os insetos, Formicidae constitui uma das famílias mais comuns e melhor estudadas em diversos aspectos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). A riqueza existente, juntamente com a abundância e ampla distribuição geográfica, indica que as formigas estão entre os insetos mais bem sucedidos (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999). São conhecidas mundialmente aproximadamente 12.760 espécies (AGOSTI; JOHNSON, 2005), agrupadas segundo Bolton (2003) em 373 gêneros. Para a região neotropical são conhecidas aproximadamente 3.100 espécies, distribuídas em 119 gêneros (FERNÁNDEZ, 2003). No Brasil, o número de espécies pode alcançar 2.000 (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999).

Há mais de duas décadas, as formigas que ocorrem em ambientes urbanos têm sido foco de pesquisas (FOWLER et al. 1993; DELABIE et al. 1995; FOWLER; BUENO, 1995; PIVA; CAMPOS-FARINHA, 1999; SILVA; LOECK, 1999; ZARZUELA et al. 2002; MOREIRA et al. 2005; OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005; COSTA et al. 2006; LISE et al. 2006; SOARES et al. 2006; IOP et al. 2009; GARCIA; LISE, 2013). Contudo, estes estudos pioneiros tiveram como enfoque a distribuição e ocorrência da mirmecofauna em ambientes urbanos de especial interesse humano como hospitais, residências e estabelecimentos comerciais. Recentemente, este enfoque vem mudando e os estudos passaram a avaliar o impacto causado pelas atividades humanas sobre as comunidades de formigas. Antonov (2008) relata que as formigas que vivem em ambientes urbanos respondem de formas diferentes às influências antrópicas. Enquanto algumas espécies respondem adversamente às mudanças, decrescendo em abundância ou mesmo desaparecendo localmente, outras apresentam uma resposta neutra, com suas abundâncias permanecendo aproximadamente no mesmo nível que em ambientes naturais. Há também espécies que respondem favoravelmente às alterações antrópicas, crescendo em abundância ou tornando-se sinantrópicas. Avaliando diferentes graus de urbanização, Sanford et al. (2008) identificaram mudanças na riqueza e abundância das comunidades de formigas como a propensão para a ocupação dos ambientes urbanos por espécies exóticas e a dominância por espécies generalistas.

O papel ecológico diversificado das formigas nos ecossistemas tem lhes conferido destaque. Como predadoras, dispersoras de sementes, cultivadoras de fungos, polinizadoras (em alguns casos), promovendo ou inibindo a herbivoria, a presença das formigas em um ambiente é um indicador de inúmeras interações interespecíficas (SILVESTRE et al. 2003) e

por consequência, da diversidade existente (OSBORN et al. 1999; SILVA; BRANDÃO, 1999; SILVESTRE; SILVA, 2001; ARCILA; LOZANO-ZAMBRANO, 2003). Assim, o conhecimento da mirmecofauna se torna importante para a sua conservação e dos ambientes em que elas se encontram.

### **Bioma Mata Atlântica**

Considerada como um dos biomas mais importantes do mundo, a Mata Atlântica é lar de uma diversidade rica de animais e plantas. Também é conhecida por abrigar um elevado número de espécies endêmicas (MYERS et al. 2000). A Mata Atlântica original cobria aproximadamente 13% do território brasileiro (IBGE, 2004) ao longo da região costeira (RIBEIRO et al. 2009). Estimativas atuais apontam que restam menos de 12% da área inicial deste bioma e que este remanescente se encontra representado por mais de 245.000 fragmentos. Mais de 95% deles com área menor do que 250 hectares (RIBEIRO et al. 2009). Historicamente, a região do litoral brasileiro tem sofrido pressão mais intensa das atividades antrópicas comprada a outras regiões. Essa pressão se traduz na fragmentação florestal e no avanço das áreas urbanizadas que estão entre as maiores ameaças à biodiversidade da Mata Atlântica (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2003). Fragmentos florestais de Mata Atlântica em áreas urbanizadas representam refúgio para centenas de espécies de animais e plantas, contudo, se encontram sob constante risco de serem substituídas por áreas de edificação e/ou de pavimentação.

### **A urbanização**

O crescimento das cidades se acelerou a partir da revolução industrial. Até então, nenhum país possuía população urbana predominante. A criação de oportunidades de emprego e renda nos centros urbanos deslocou uma parcela importante da população de áreas rurais para os centros urbanos e fez com que as cidades crescessem em um ritmo acelerado, especialmente na segunda metade do século XX (MARICATO, 2000). Atualmente, as áreas urbanas cobrem aproximadamente de 4% das áreas continentais e metade da população humana vive em áreas urbanas (UNDP, 2000).

A urbanização representa uma das principais ameaças a muitos ecossistemas, entretanto, pouco ainda se sabe sobre seu impacto sobre a biodiversidade (McKINNEY, 2002). Este processo envolve a conversão de ambientes naturais em áreas de edificações, ruas e avenidas pavimentadas. Como resultados desfavoráveis da urbanização à conservação se destacam a impermeabilização do solo (McKINNEY, 2002), a perda e fragmentação de

habitat, alterações microclimáticas locais, alterações na hidrologia, aumento da poluição (NIEMELÄ, 1999) e a introdução de espécies exóticas (BLAIR, 2001).

### **Justificativa e Objetivos gerais**

O Estado de Santa Catarina apresenta uma mirmecofauna conhecida de 366 espécies, sendo que para a região oeste do Estado a mirmecofauna conhecida é de 207 espécies, dados estes embasados em coletas feitas pelo naturalista Fritz Plaumann por mais de seis décadas (SILVA, 1999; SILVA; SILVESTRE, 2000; LUTINSKI et al. 2008; ULYSSÉA et al. 2011). Apesar de o oeste ser a região do estado mais bem amostrada (SILVA, 1999), estudos sobre a ocorrência de formigas em ambientes urbanos ainda são raros. Dentre os trabalhos existentes nesta região destaca-se o de Lise et al. (2006), realizado em um dos maiores hospitais da região, e os de Farneda et al. (2007) e Iop et al. (2009), conduzidos em áreas residenciais e comerciais.

A possibilidade de enquadramento de formigas como indicadores ambientais atribui a estes organismos singular importância para a avaliação das condições do ambiente. Isso se deve a sua relativa abundância e a sua capacidade de resposta às alterações ambientais (SILVESTRE et al. 2003). Esse enfoque tem ganhado espaço à medida que cresce a necessidade de estudos padronizados que proporcionem confiabilidade dos resultados e utilização em escala cada vez maior. O uso das formigas como indicadores ambientais pode ser verificado nos trabalhos de Alonso (2000), Andersen (2000), Kaspari e Majer (2000), Arcila e Lozano-Zambrano (2003), Silvestre et al. (2003) e Ilha et al. (2009).

O entendimento sobre as alterações de riqueza e de abundância de formigas em ambientes sob diferentes níveis de intensidade das atividades antrópicas representa um subsídio na forma de informação para a conservação da diversidade. Este conhecimento poderá subsidiar a administração pública na definição de políticas de zoneamento urbano e na demarcação de áreas prioritárias à conservação, no estabelecimento de áreas verdes e na definição de políticas de educação ambiental. Igualmente, o conhecimento sobre o efeito da temporalidade e dos fatores microclimáticos sobre as assembleias de formigas representa um avanço no conhecimento acerca dos preditores da diversidade em áreas urbanas.

Este trabalho teve como objetivos principais: 1) inventariar e analisar a estrutura da comunidade de formigas presente em diferentes ambientes urbanos de dez cidades inseridas no domínio do Bioma Mata Atlântica, 2) avaliar o impacto das atividades antrópicas sobre esta comunidade e, 3) avaliar o efeito da temporalidade e dos fatores microclimáticos sobre as assembleias de formigas de ambientes urbanos.



## REFERÊNCIAS

- AGOSTI, D.; JONHSON, N. F., 2005. **Antbase: World Wide Web electronic publication**. Disponível em <<http://www.antbase.org>>. Acesso em: 06 jan. 2014.
- ALONSO, L. E. Ants as indicators of diversity. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (Eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington, 2000. p. 89-98.
- ANDERSEN, A. N. A global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (Eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington, 2000. p. 25-34.
- ANTONOV, I. A. Ant assemblages of two cities with different ecological conditions in Southern Cisbaikalia. **Russian Journal of Ecology**, Yekaterinburg, v. 39, n. 6, p. 454-456, 2008.
- ARCILA, A. M.; LOZANO-ZAMBRANO, F. H. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. In: FERNÁNDEZ, F (Org.). **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 2003. p. 159-166.
- BLAIR R. B. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the US. In: LOCKWOOD J. L.; MCKINNEY, M. L. (Eds.). **Biotic homogenization**. Kluwer Academic, Norwell, 2001. p. 33–56.
- BOLTON, B. **Synopsis and classification of Formicidae**. The American Entomological Institute, Gainesville, 2003. 370 p.
- BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As formigas domésticas. In: MARICONI, F. A. M. (Coord.) **Insetos e outros invasores de residências**. FEALQ, Piracicaba, 1999. p. 135-180.
- COSTA, S. B. D.; PELLI, A.; CARVALHO, G. P.; OLIVEIRA, A. G.; SILVA, P. R. da; TEIXEIRA, M. M.; MARTINS, E.; TERRA, A. P. S.; RESENDE, E. M.; OLIVEIRA, C. H. B. de; MORAIS, C. A. de. Formigas como vetores mecânicos de microorganismos no Hospital Escola da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 39, n. 6, p. 527-529, 2006.
- DELABIE, J. H. C.; NASCIMENTO, I. C. do; PACHECO, P.; CASIMIRO, A. B. Community structure of house-infesting ants (Hymenoptera: Formicidae) in southern Bahia, Brazil. **Florida Entomologist**, Homestead, v. 78, p. 264-267, n. 2, 1995.

- FARNEDA, F. Z.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na área urbana do município de Pinhalzinho, Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 1, n. 2, p. 53-66, 2007.
- FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 2003. 418 p.
- FOWLER, H. G.; BERNARDI, O. C.; SADATSUNE, T.; MONTELLI, A. C. Ants as potential vectors of pathogens in Brazil hospitals in the State of São Paulo, Brazil. **Insecta Science and its Application**, v. 14, n. 3, p. 367-370, 1993.
- FOWLER, H. G.; BUENO, O. C. A microtopografia da atividade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) num prédio urbano: Sucessão dinâmica e espacial numa paisagem simples. **Acta Biologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 17, n. 1, p. 73-80, 1995.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **The Atlantic Forest of South America. Biodiversity Status, Threats, and Outlook**. Island Press, Washington DC, 2003. 488 p.
- GARCIA, F. R. M.; LISE, F. Ants associated with pathogenic microorganisms in Brazilian hospitals: attention to a silent vector. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 1, p. 9-14, 2013.
- HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Belknap, Harvard University Press, Cambridge, 1990. 732 p.
- IBGE, 2004. **Mapa da vegetação do Brasil e mapa de biomas do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28 out. 2012.
- ILHA, C.; LUTINSKI, J. A.; PEREIRA, D. V. M.; GARCIA, F. R. M. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da Bacia da Sanga Caramuru, município de Chapecó- SC. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 4, p. 95-105, 2009.
- IOP, S.; CALDART, V. M.; LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M. Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 55-64, 2009.
- KASPARI, M.; MAJER, J. D. Using ants to monitor environmental change. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (Eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Smithsonian Institution Press, Washington, 2000. p. 89-98.
- LISE, F.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, J. A. Association of ants (Hymenoptera: Formicidae) with bacteria in hospitals in the State of Santa Catarina, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 39, n. 6, p. 523-526, 2006.

- LUTINSKI, J. A.; GARCIA, F. R. M.; LUTINSKI, C. J.; IOP, S. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1810-1816, 2008.
- MARICATO, E. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 21-33, 2000.
- McKINNEY, M. L. Urbanization, biodiversity, and conservation. **BioScience**, Uberlândia, v. 52, n. 10, p. 883-890, 2002.
- MOREIRA, D. D. O.; MORAIS, V.; VIEIRA-DA-MOTA, O.; CAMPOS-FARINHA, A. E.; TONHASCA Jr, A. Ants as carriers of antibiotic-resistant bacteria in hospitals. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 999-1006, 2005.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-845, 2000.
- NIEMELÄ, J. Ecology and urban planning. **Biodiversity Conservation**, Dordrecht, v. 8, n. 1, p.119-131, 2009.
- OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2005.
- OSBORN, F.; GOITIA, W.; CABRERA, M.; JAFFÉ, K. Ants, plants and butterflies as diversity indicators: Comparisons between at six forest sites in Venezuela. **Studies of Neotropical Fauna and Environment**, Tübingen, v. 34, p. 59-64, 1999.
- PIVA, A.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Estrutura de comunidades das formigas urbanas do bairro da Vila Mariana na cidade de São Paulo. **Naturalia**, Rio Claro, v. 24, p. 115-117, 1999.
- RIBEIRO, D. B.; BATISTA, R.; PRADO, P. I.; BROWN Jr., K. S.; FREITAS, A. V. L. The importance of small scales to the fruit-feeding butterfly assemblages in a fragmented landscape. **Biodiversity Conservation**, Dordrecht, v. 21, n. 3, p. 811-827, 2012.
- SANFORD, M. P.; MANLEY, P. N.; MURPHY, D. D. Effects of urban development on ant communities: implications for ecosystem services and management. **Conservation Biology**, Washington, v. 23, n. 1, p. 131-141, 2008.
- SILVA, E. J. E.; LOECK, A. E. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera: Formicidae) em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas**, v. 5, n. 3, p. 220-224, 1999.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 55-73, 1999.

SILVA, R. R. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) do Oeste de Santa Catarina: histórico das coletas e lista atualizada das espécies do Estado de Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 75-100, 1999.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 85 – 105, 2000.

SILVESTRE, R.; BRANDÃO, C. R. F. SILVA, R. R. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. In: FERNÁNDEZ, F (Org.). **Introducción a las hormigas de la región neotropical**. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, 2003. p. 113-148.

SILVESTRE, R.; SILVA, R. R. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luis Antônio – SP – sugestões para aplicação de guildas como bioindicadores ambientais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 1, n. 14, p. 37-69, 2001.

SOARES, S. S.; ALMEIDA, L. O.; GONÇALVES, C. A.; MARCOLINO, M. T.; BONETTI, A. M. Levantamento da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na região urbana de Uberlândia, MG. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 324-328, 2006.

ULYSSÉA, M. A.; CERETO, C. E.; ROSUMEK, F. B.; SILVA, R. R.; LOPES, B. C. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 55, n. 4, p. 603–611, 2011.

UNDP (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME). **World Bank and World Resources Institute A guide to world resources 2000–2001: people and ecosystems— the fraying web of life**, World Resources Institute, Washington DC, 2000. 390 p.

ZARZUELA, M. F. M.; RIBEIRO, M. C. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. Distribuição de formigas urbanas em um hospital da região sudeste do Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 85-87, 2002.

## ARTIGO 1

---

Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil

Urban ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in ten cities of southern Brazil

Formigas de ambientes urbanos da Mata Atlântica

*Junir Antonio Lutinski<sup>1,3</sup>, Benedito Cortês Lopes<sup>2</sup> & Ana Beatriz Barros de Moraes<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, prédio 17– D. Santa Maria, RS, Brasil. 97105-900.*

<sup>2</sup>*Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina. Trindade, Florianópolis, SC, Brasil. 88010-970.*

<sup>3</sup>*Autor para correspondência: Junir Antonio Lutinski, e-mail:  
junir@unochapeco.edu.br*

**Abstract:** The urbanization process has been considered as one of the major threats to biodiversity and, among organisms found in urban areas ant represents an important but poorly studied group compared with other insects. Knowing the richness and composition of ant fauna inhabiting urban areas and factors exerting pressure on these communities are essential to set up management and conservation plans. The present study aimed to evaluate the diversity of ants in ten cities from the southern region of the Atlantic Forest biome. Assemblages were evaluated and compared by means of rarefaction and richness estimators. We recorded 8,790 occurrences, 140 species distributed into 37 genera, 19 tribes and nine subfamilies, corresponding to 29.8% of ant fauna known for the Santa Catarina State. Ant assemblages did not differ markedly as for richness, however nine cities presented exclusive species, suggesting variation in species composition. The existence and conservation of environments like forest remnants and green areas within the urban perimeter can explain the richness and abundance of these ant assemblages.

**Key words:** Ant fauna, forest fragmentation, green spaces, richness, tramp ants.

**Resumo:** O processo de urbanização vem sendo tratado como uma das maiores ameaças à biodiversidade e, dentre os organismos encontrados em áreas urbanas, as formigas representam um grupo importante, porém ainda pouco estudado comparado a outros insetos. Conhecer a riqueza e a composição da mirmecofauna que habita áreas urbanas e os fatores que estão exercendo pressão sobre essas comunidades são imperativos para a elaboração de planos de manejo e conservação. Este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade de formigas de dez cidades localizadas na região austral do Bioma Mata Atlântica. As assembleias foram avaliadas e comparadas por meio da análise de rarefação e estimativas de riqueza. Foram registradas 8.790 ocorrências de formigas, tendo sido identificadas 140 espécies, representantes de 37 gêneros, 19 tribos e nove subfamílias o que corresponde a 29,8% da mirmecofauna conhecida para o estado de Santa Catarina. As assembleias de formigas não diferiram marcadamente quanto à riqueza, entretanto, nove cidades apresentaram espécies exclusivas mostrando variação na composição das espécies. A existência e a conservação de ambientes como fragmentos florestais e áreas verdes no perímetro urbano podem explicar a riqueza e abundância dessas assembleias de formigas.

**Palavras-chave:** Áreas verdes, fragmentação florestal, formigas-praga, mirmecofauna, riqueza.

## **Introdução**

Ambientes urbanos são marcados pela intensa e constante atividade humana (McIntyre et al. 2001) e a urbanização vem sendo tratada como uma das maiores ameaças à biodiversidade (McKinney 2002, Uno et al. 2010). A conversão de ambientes naturais em habitações humanas, áreas comerciais, parques industriais e na infraestrutura associada cobre aproximadamente 4% da superfície dos continentes (UNDP et al. 2000), resultando na fragmentação e perda de habitats (Niemelä 1999). As alterações ambientais causadas pela urbanização podem afetar as comunidades de organismos sob diferentes formas. Algumas espécies alcançam densidades elevadas e assumem uma condição de dominância ao colonizar nichos desocupados, especialmente na ausência de espécies competidoras ou de inimigos naturais. Outras espécies diminuem em abundância ou são extintas localmente devido à perda de habitat e à introdução de espécies exóticas, bem adaptadas nesses ambientes (Luck & Dahsten 1974, Blair 2001, Kamura et al. 2007, Sanford et al. 2008).

Dentre os organismos encontrados em áreas urbanas, as formigas representam um grupo importante, porém ainda pouco estudado comparado a outros insetos tais como borboletas e besouros (McIntyre 2000). Formicidae constitui uma das famílias mais comuns de invertebrados (Hölldobler & Wilson 1990) e se caracteriza pela ampla distribuição, riqueza e abundância nos ecossistemas terrestres (Alonso & Agosti 2000).

As formigas que ocorrem em ambientes urbanos têm recebido mais atenção e sido foco de pesquisas em ambientes hospitalares onde algumas espécies têm sido descritas como importantes vetores de organismos patogênicos e um risco à saúde humana (Moreira et al. 2005, Costa et al. 2006, Lise et al. 2006); em estabelecimentos residenciais e comerciais com destaque à colonização e dispersão de espécies invasoras (Silva & Loeck 1999, Oliveira & Campos-Farinha 2005, Iop et al. 2009); e em fragmentos florestais e áreas verdes sob a ótica da conservação da diversidade (Yamaguchi 2004, Pacheco & Vasconcelos 2007).

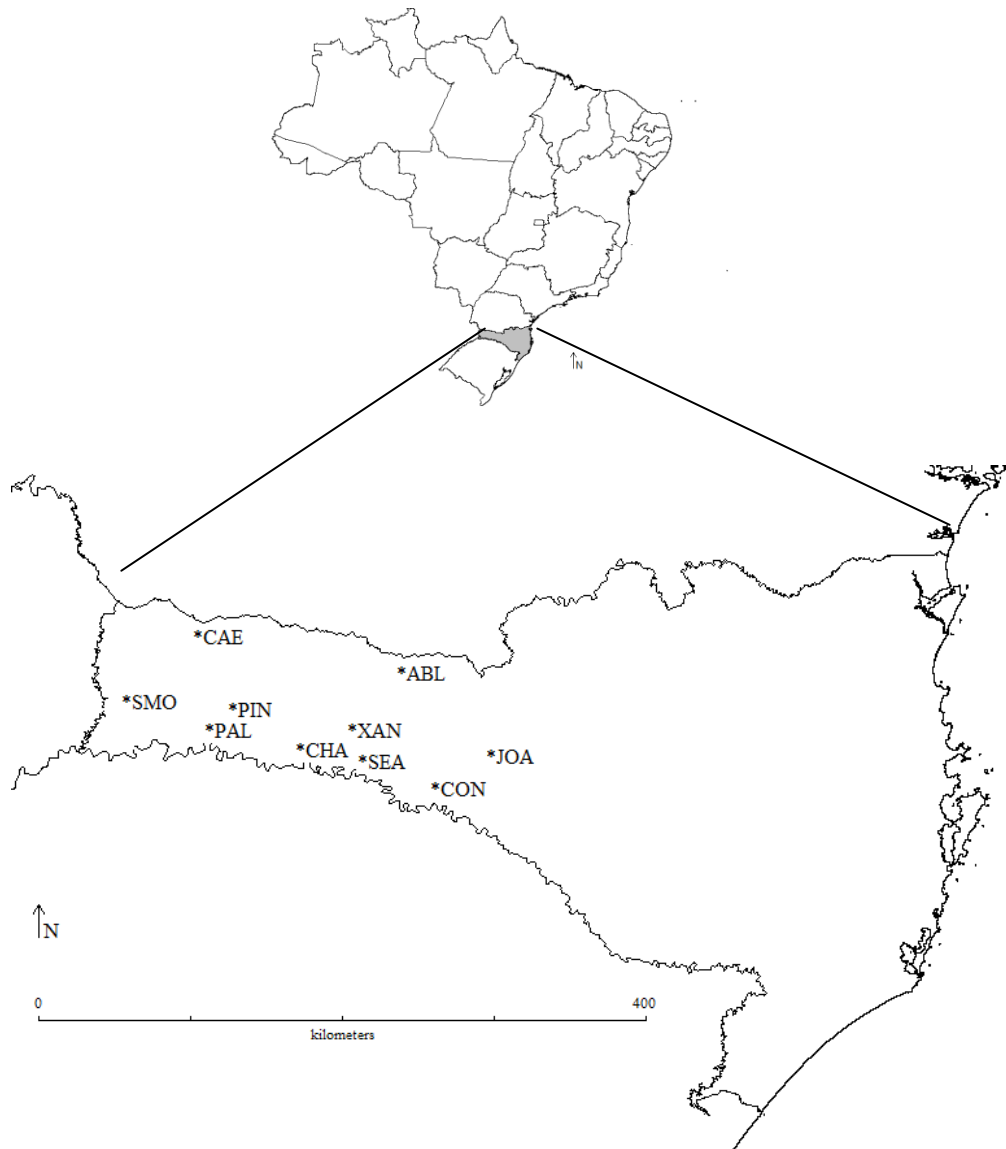
Apesar da mirmecofauna da região austral do bioma Mata Atlântica ser bem conhecida (Silva & Silvestre 2000, Lutinski et al. 2008, Maciel et al. 2011, Ulysséa et al. 2011), ainda restam áreas totalmente inexploradas. Os estudos já realizados nesta região permitem supor a existência de assembleias ricas de formigas presentes nas áreas urbanas (Farneda et al. 2007, Iop et al. 2009). Conhecer esta riqueza e a composição das espécies de formigas que compõem estas assembleias é essencial para a elaboração de planos de manejo e conservação. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade de formigas urbanas de dez cidades localizadas na região austral do Bioma Mata Atlântica.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O estudo foi conduzido em dez cidades de pequeno e médio porte localizadas na região oeste do estado de Santa Catarina: Abelardo Luz, Campo Erê, Chapecó, Concórdia, Joaçaba, Palmitos, Pinhalzinho, São Miguel do Oeste, Seara e Xanxerê (Figura 1) cujas populações variam entre 10.000 (Campo Erê) e 183.000 (Chapecó) habitantes (IBGE 2010). As cidades encontram-se distribuídas em uma extensão de aproximadamente 300 km de acordo com as coordenadas da Tabela 1. Todas estão inseridas no bioma Mata Atlântica com fitofisionomias florestais classificadas como Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecídua. O clima da região é do tipo superúmido mesotérmico subtropical úmido, sem

estação seca definida, com geadas severas frequentes e com distribuição regular da pluviosidade (Köppen 1948).



**Figura 1.** Localização geográfica de 10 cidades da região austral do domínio Mata Atlântica escolhidas para o desenvolvimento do estudo: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).



### *Amostragem*

As amostragens foram conduzidas em 109 unidades amostrais sendo: a) 30 fragmentos florestais (três em cada cidade) em estágio avançado de sucessão ecológica, localizados no perímetro urbano ou na borda, com áreas variando entre 1.764 m<sup>2</sup> e 876.599 m<sup>2</sup>; b) 30 áreas verdes (três em cada cidade) localizadas no perímetro urbano, utilizadas para fins de recreação e atividades físicas e com áreas variando entre 1.125 m<sup>2</sup> e 175.775 m<sup>2</sup>; c) 30 escolas (três em cada cidade) cujas áreas de edificações, jardins e calçadas, somadas, variam entre 961 m<sup>2</sup> e 14.740 m<sup>2</sup> e vegetação expressa predominantemente por gramíneas e plantas ornamentais, exóticas e de pequeno porte; d) 19 centros de reciclagem (Abelardo Luz: 1; Campo Erê: 2; Chapecó: 3; Concórdia: 2; Joaçaba: 2; Palmitos: 2; Pinhalzinho: 2; São Miguel do Oeste: 2; e Xanxerê: 3) com áreas variando entre 1.100 m<sup>2</sup> e 6.120 m<sup>2</sup>, parcialmente edificadas, utilizados para as atividades de triagem e armazenamento de materiais recicláveis, tais como, sucatas de metal, plástico, papelão e vidro e ausentes de qualquer vegetação além de gramíneas.

A seleção dos tipos de ambientes visou à maximização da diversidade nas amostragens, especialmente com a contribuição de fragmentos florestais e áreas verdes que representam reservatórios de espécies nativas em ambientes urbanos (Pacheco & Vasconcelos 2007). Escolas e centros de reciclagem foram escolhidos pela carência de estudos relacionados às formigas nesses ambientes.

Foram realizadas duas séries completas de amostragens durante o ano de 2011, uma no verão (fevereiro e março) e outra na primavera (outubro e novembro). Em cada unidade amostral, foram utilizadas 10 iscas de 1 g de sardinha, 10 iscas de 1 mL de glicose e 1 hora de coleta manual. As iscas foram preparadas sobre retângulos de papel poroso e distribuídas de forma alternada sobre o solo nos fragmentos florestais e nas áreas verdes, enquanto que nas escolas e nos centros de reciclagem, foram distribuídas em calçadas, jardins e estacionamentos. Em todos os ambientes foram estabelecidos transectos perpendiculares à margem externa e obedecida uma distância de 10 metros entre cada isca (Agosti & Alonso 2000, Bestelmeyer et al. 2000, Sarmiento 2003). As amostragens manuais foram conduzidas usando pinça e hastes de algodão umedecidas em álcool obedecendo a um percurso aleatório. Nos fragmentos florestais e nas áreas verdes, as amostragens foram realizadas sobre o solo, na vegetação arbustiva e nos troncos de árvores até a altura máxima de dois metros; nas escolas e

nos centros de reciclagem, realizadas em calçadas, jardins, canteiros e muros (Sarmiento 2003).

As amostragens foram conduzidas entre 08:00 e 17:00, com rotatividade dos períodos matutinos e vespertinos em cada unidade amostral, em cada amostra. Os espécimes coletados foram acondicionados em frascos contendo álcool a 70%, etiquetados com as devidas informações de procedência e transportados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) para triagem. A identificação foi conduzida primeiramente no laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Santa Catarina utilizando-se as chaves propostas por Gonçalves (1961), Kempf (1964), Kempf (1965), Watkins (1976), Della Lucia (1993), Lattke (1995), Taber (1998), Fernández (2003), Longino (2003), Longino & Fernández (2007) e Wild (2007). Posteriormente, foi feita comparação dos exemplares coletados com a coleção de referência de formigas Neotropical do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP).

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas e altitude (m) de cada uma das dez cidades estudadas localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica.

<b>Cidades</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitude</b>
Abelardo Luz	26° 33' 58" S e 52° 19' 40" W	770
Campo Erê	26° 23' 39" S e 53° 04' 44" W	892
Chapecó	27° 05' 51" S e 52° 38' 31" W	663
Concórdia	27° 13' 32" S e 52° 01' 14" W	643
Joaçaba	27° 10' 01" S e 51° 29' 48" W	556
Palmitos	27° 04' 06" S e 53° 09' 46" W	394
Pinhalzinho	26° 50' 53" S e 52° 59' 20" W	492
São Miguel do Oeste	26° 43' 32" S e 53° 30' 59" W	642
Seara	27° 08' 57" S e 52° 18' 39" W	506
Xanxerê	26° 52' 38" S e 52° 24' 18" W	783

#### *Análise estatística*

Para representar a riqueza das assembleias de formigas, as espécies foram listadas segundo seus respectivos táxons de subfamília, tribo e gênero além da presença em cada cidade. A riqueza de formigas encontrada em cada assembleia foi comparada por meio de análises de rarefação baseadas no número de ocorrências (Gotelli & Colwell 2001). Essas

análises foram obtidas utilizando-se o programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001), que permite comparações de riqueza entre assembleias que diferem quanto à ocorrência de espécies (Melo et al. 2003).

Também foram obtidas estimativas de riquezas de formigas para cada cidade e comparadas com suas respectivas riquezas observadas. Para tal, foi utilizado o estimador não-paramétrico Chao 2 e as estimativas foram geradas com o programa EstimateS 8.0 (Colwell 2006). O estimador usa essencialmente informações sobre as espécies que ocorrem em uma amostra (unicatas) e aquelas que ocorrem em duas amostras (duplicatas) (Chao 1987).

## Resultados

Nas 10 cidades foram registradas 8.790 ocorrências de formigas, tendo sido identificadas 140 espécies, representantes de 37 gêneros, 19 tribos e nove subfamílias (Tabela 2). A assembleia de formigas de Chapecó apresentou a maior riqueza (S=91) e Seara a menor (S=78). Três dessas espécies, *Gnamptogenys sulcata* (Smith, 1858), *Camponotus personatus* Emery, 1894 e *Solenopsis invicta* Buren, 1972 foram registradas pela primeira vez no estado de Santa Catarina, enquanto outras 37 espécies tiveram sua ocorrência confirmada para a região oeste do estado. Em nove das 10 cidades foram amostradas espécies exclusivas, sendo três em Abelardo Luz, duas em Campo Erê, sete em Chapecó, uma em Concórdia, duas em Joaçaba, quatro em Palmitos, quatro em Pinhalzinho, duas em São Miguel do Oeste e três em Xanxerê (Tabela 2).

A maior riqueza das formigas identificadas pertence à subfamília Myrmicinae, à qual estão incluídas mais de 50% dentre todas as espécies amostradas em cada uma das 10 cidades. Ainda apresentaram riquezas expressivas as subfamílias Formicinae, Dolichoderinae, Ponerinae e Pseudomyrmecinae. Os gêneros de formigas mais ricos em espécies foram *Camponotus*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Crematogaster* e *Acromyrmex*. Juntos, representaram entre 55% e 60% das assembleias de formigas de cada uma das 10 cidades.

A análise de rarefação não detectou diferenças significativas entre fauna de formigas em áreas urbanas das dez cidades (Figura 2), entretanto, observaram-se maiores riquezas para as assembleias de formigas de Chapecó, Palmitos e Campo Erê, enquanto as menores foram verificadas para as assembleias de formigas de Joaçaba e Seara. Os menores valores de ocorrências de espécies de formigas foram registrados em Joaçaba (n=781) e Seara (n=822) enquanto os maiores foram observados em Chapecó (n=940) e Pinhalzinho (n=957).

**Tabela 2.** Riqueza e ocorrência de espécies exclusivas (E) de formigas de dez cidades localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<b>Subfamília Cerapachyinae</b>										
<b>Tribo Acanthostichini</b>										
<i>Acanthostichus quadratus</i> Emery, 1895 (E)							X			
<b>Subfamília Dolichoderinae</b>										
<b>Tribo Dolichoderini</b>										
<i>Azteca instabilis</i> (F. Smith, 1862) (E)								X		
<i>Azteca muelleri</i> Emery, 1893 (E)								X		
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dorymyrmex</i> sp. (E)			X							
<i>Linepithema angulatum</i> (Emery, 1894) (E)				X						
<i>Linepithema gallardoii</i> Kusnezov, 1969	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema humile</i> (Mayr, 1868)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894)			X	X	X				X	

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Subfamília Ecitoninae</b>										
<b>Tribo Ecitonini</b>										
<i>Eciton quadriglume</i> (Haliday, 1836) (E)			X							
<i>Labidus praedator</i> (F. Smith, 1858) (E)						X				
<b>Subfamília Ectatomminae</b>										
<b>Tribo Ectatommini</b>										
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863 (E)			X							
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858) (E)										X
<b>Subfamília Formicinae</b>										
<b>Tribo Camponotini</b>										
<i>Camponotus (Myrmaphaenus) blandus</i> (F. Smith, 1858)					X					X
<i>Camponotus (Myrmaphaenus) cameranoi</i> Emery, 1894	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (M.) fastigatus</i> Roger, 1863	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (M.) novogranadensis</i> Mayr, 1870		X					X	X		

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Camponotus (M.) personatus</i> Emery, 1894	X		X	X	X	X	X		X	X
<i>Camponotus (Myrmepomis) sericeiventris</i> (Guérin-Méneville, 1838)	X		X	X	X	X				X
<i>Camponotus (Myrmobrachys) crassus</i> Mayr, 1862	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (M.) mus</i> Roger, 1863	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (Myrmocladoecus) hedwigae</i> Forel, 1912 (E)								X		
<i>Camponotus (Myrmosphincta) sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)	X						X	X		
<i>Camponotus (Myrmothrix) atriceps</i> (F. Smith, 1858)	X	X								
<i>Camponotus (M.) cingulatus</i> Mayr, 1862	X	X		X	X	X		X		
<i>Camponotus (M.) rufipes</i> (Fabricius, 1775)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (Pseudocolobopsis) alboannulatus</i> Mayr, 1887 (E)										X
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) lespesii</i> Forel, 1886	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) melanoticus</i> Emery, 1894	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus (T.) punctulatus</i> Mayr, 1868	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp. 1	X	X		X	X	X		X	X	X
<i>Camponotus</i> sp. 2				X			X			
<i>Camponotus</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp. 4	X		X		X			X		

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<b>Tribo Myrmelachistini</b>										
<i>Myrmelachista catharinae</i> Mayr, 1887	X	X	X	X		X			X	X
<i>Myrmelachista catharinae maior</i> Santschi, 1936 (E)		X								
<i>Myrmelachista gagatina</i> Emery, 1894	X	X	X	X						X
<i>Myrmelachista reticulata</i> Borgmeier, 1928 (E)		X								
<b>Tribo Plagiolepidini</b>										
<i>Brachymyrmex (Brachymyrmex) aphidicola</i> (Forel, 1909)	X	X	X	X	X			X	X	X
<i>Brachymyrmex (B.) coactus</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brachymyrmex (Brachymyrmex) cordemoyi</i> Forel, 1895	X				X	X	X	X	X	
<i>Brachymyrmex (Brysha) pilipes</i> Mayr, 1887	X	X				X			X	X
<i>Brachymyrmex</i> sp.		X			X					X
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nylanderia</i> sp.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)			X	X	X	X		X		
<b>Subfamília Heteroponerinae</b>										
<b>Tribo Heteroponerini</b>										
<i>Heteroponera flava</i> Kempf, 1962				X	X	X			X	

Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Heteroponera inermis</i> (Emery, 1894)			X			X				X
<b>Subfamília Myrmicinae</b>										
<b>Tribo Attini</b>										
<i>Acromyrmex (Acromyrmex) ambiguus</i> (Emery, 1888)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) aspersus</i> (F. Smith, 1858)	X		X	X	X		X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) disciger</i> (Mayr, 1887)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) lundii</i> (Guérin-Méneville, 1838)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) niger</i> (F. Smith, 1858)	X	X	X	X		X	X	X	X	X
<i>Acromyrmex (A.) rugosus</i> (F. Smith, 1858) (E)					X					
<i>Acromyrmex (A.) subterraneus</i> (Forel, 1893)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Apterostigma mayri</i> Forel, 1893 (E)										X
<i>Apterostigma pilosum</i> Mayr, 1865		X	X	X						X
<i>Apterostigma wasmannii</i> Forel, 1892	X	X	X				X	X		X
<i>Atta (Neoatta) sexdens</i> (Linnaeus, 1758)		X	X			X	X		X	
<i>Atta</i> sp.			X			X				X
<i>Cyphomyrmex plaumanni</i> Kempf, 1962			X		X	X			X	
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1853)	X	X	X	X		X	X	X	X	X



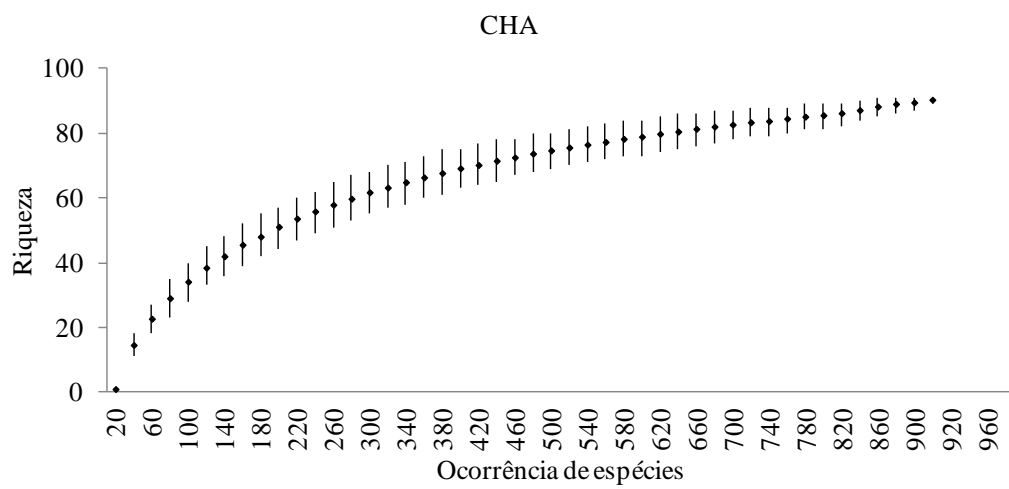
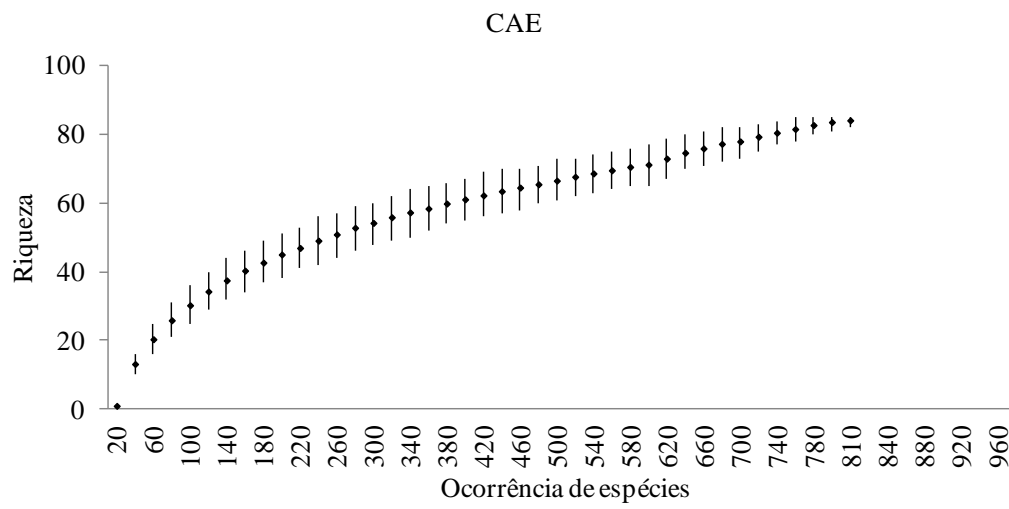
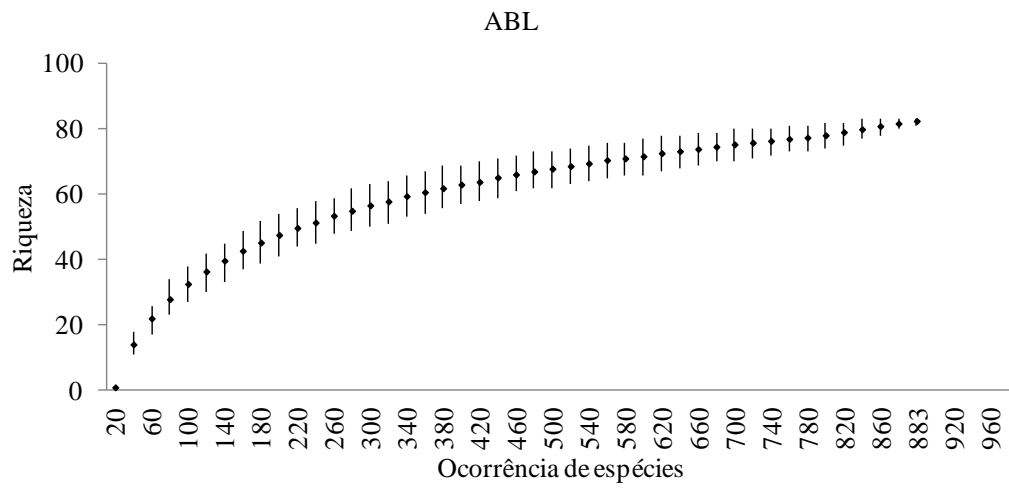


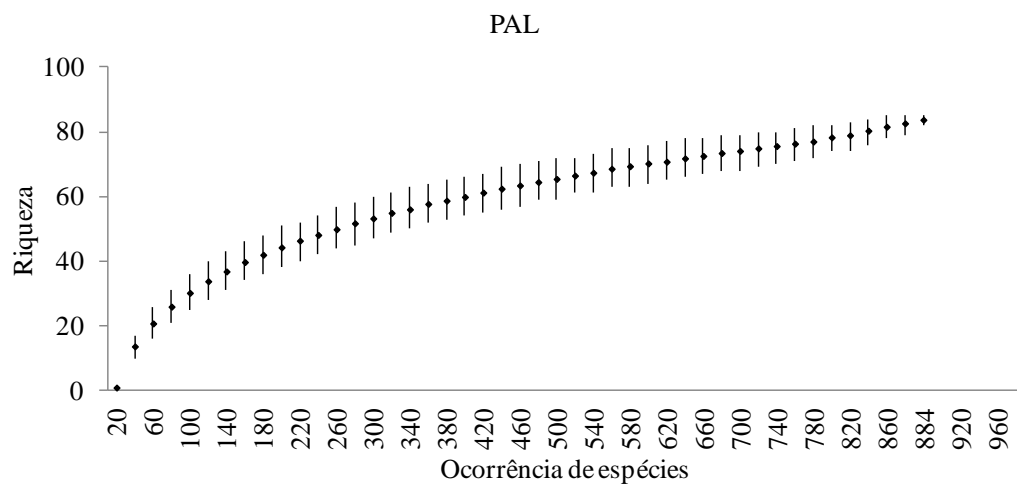
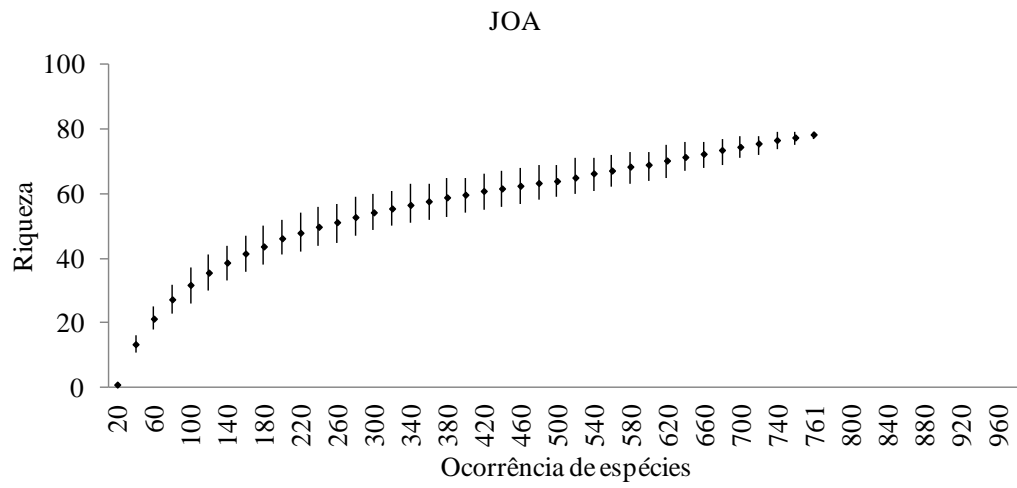
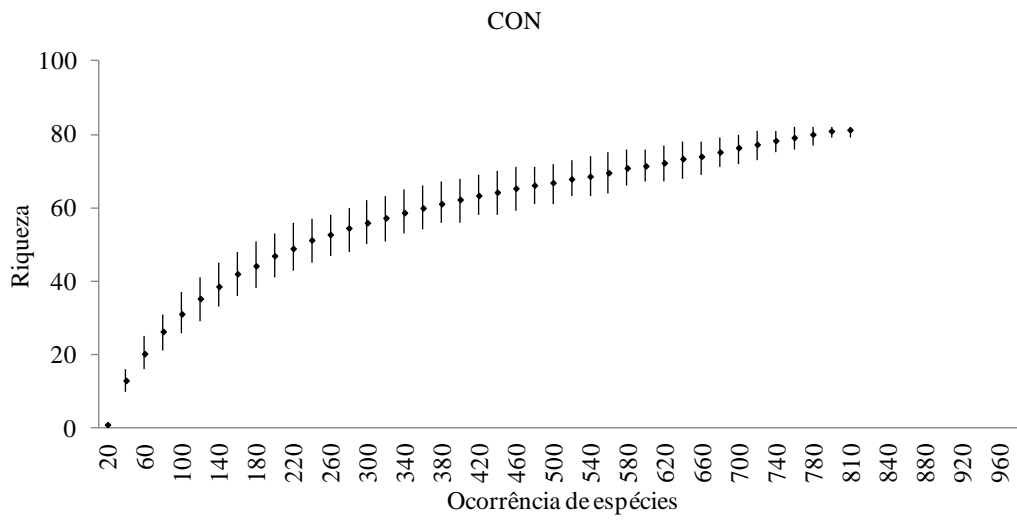
Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Crematogaster (Orthocrema) curvispinosa</i> Mayr, 1862	X			X	X			X		
<i>Crematogaster</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Crematogaster</i> sp. 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Tribo Dacetini</b>										
<i>Basiceros (Eurhopalothrix) convexiceps</i> (Mayr, 1887) (E)			X							
<i>Strumigenys cultrigera</i> Mayr, 1887		X				X				
<b>Tribo Formicoxenini</b>										
<i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr, 1866)		X				X	X		X	X
<i>Nesomyrmex</i> sp. (E)							X			
<b>Tribo Myrmicini</b>										
<i>Pogonomyrmex naegelii</i> Forel, 1878	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 1					X			X		
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 2			X	X	X	X		X		
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 3		X			X			X	X	
<b>Tribo Pheidolini</b>										
<i>Pheidole (Elasmopheidole) aberrans</i> Mayr, 1868			X						X	

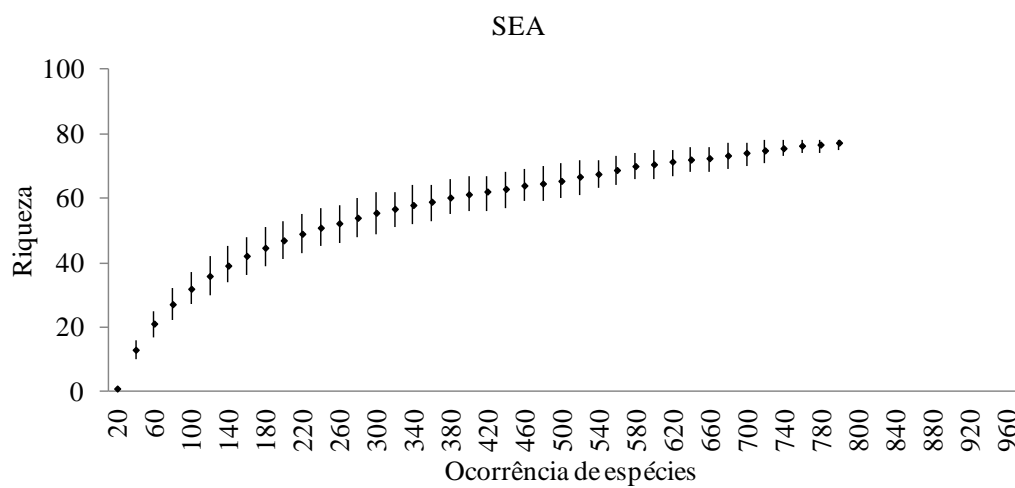
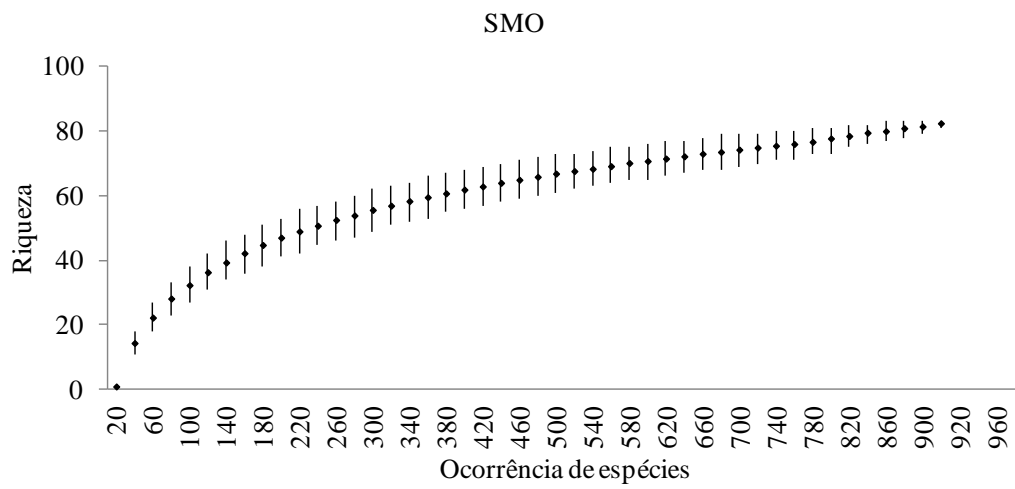
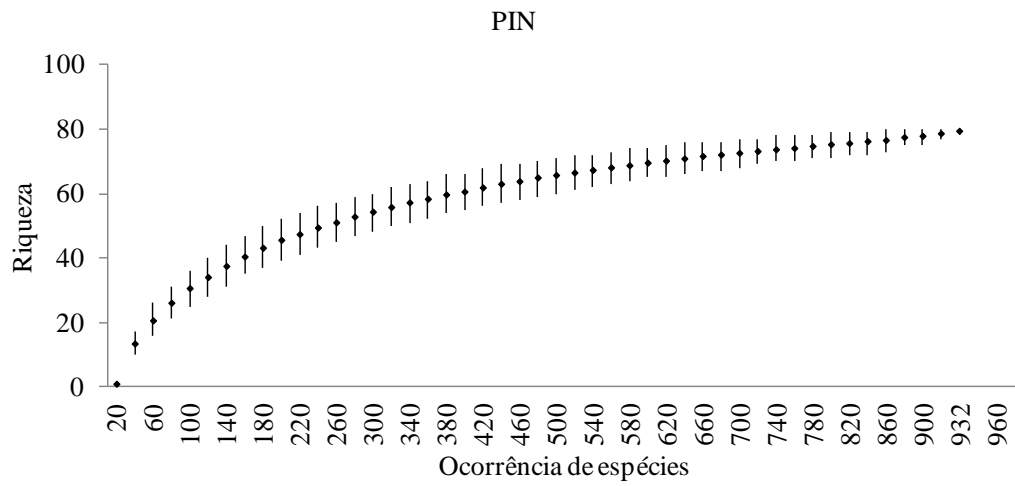
Táxon	ABL	CAE	CHA	CON	JOA	PAL	PIN	SMO	SEA	XAN
<i>Pheidole (Pheidole) brevicona</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) dyctiota</i> Kempf, 1972	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) laevifrons</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) lignicola</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) megacephala</i> (Fabricius, 1793) (E)							X			
<i>Pheidole (P.) pubiventris</i> Mayr, 1887	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) punctatissima</i> Mayr, 1870	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole (P.) risii</i> Forel, 1892		X		X		X	X	X		
<i>Pheidole (P.) tristis</i> (F. Smith, 1858)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 2	X		X	X	X	X		X	X	
<i>Pheidole</i> sp. 3	X	X								
<i>Pheidole</i> sp. 4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Tribo Solenopsidini</b>										
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851) (E)						X				
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758) (E)					X					



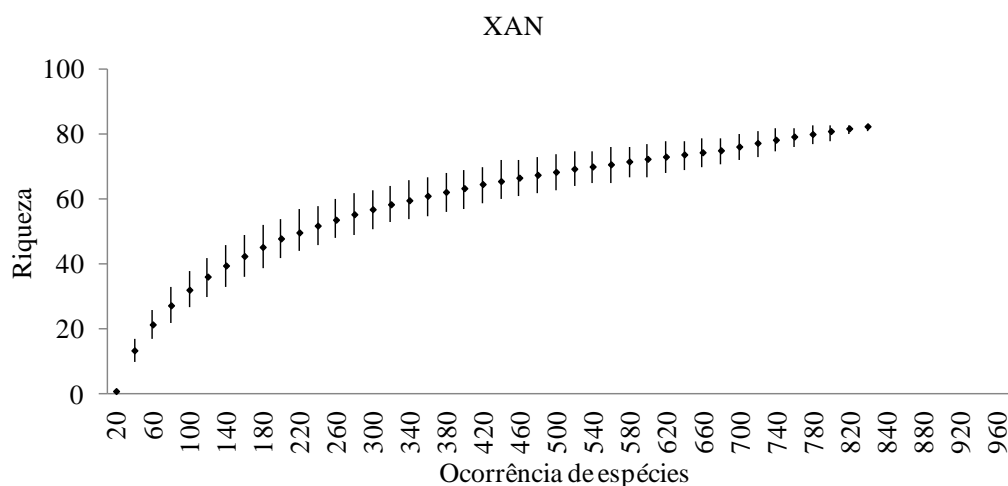
<b>Táxon</b>	<b>ABL</b>	<b>CAE</b>	<b>CHA</b>	<b>CON</b>	<b>JOA</b>	<b>PAL</b>	<b>PIN</b>	<b>SMO</b>	<b>SEA</b>	<b>XAN</b>
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Pachycondyla crenata</i> (Roger, 1858)	X	X	X					X	X	X
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Pachycondyla marginata</i> (Roger, 1861) (E)								X		
<i>Pachycondyla striata</i> F. Smith, 1858	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804)			X				X	X	X	
<i>Pachycondyla</i> sp.		X		X	X					X
<b>Subfamilia Pseudomyrmecinae</b>										
<b>Tribo Pseudomyrmecini</b>										
<i>Pseudomyrmex flavidulus</i> (F. Smith, 1858)	X			X	X	X	X		X	X
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804) (E)			X							
<i>Pseudomyrmex phyllophilus</i> (F. Smith, 1858) (E)			X							
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel, 1901) (E)	X									
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (F. Smith, 1855)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3		X	X	X		X	X			
<b>RIQUEZA TOTAL</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>91</b>	<b>82</b>	<b>79</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>83</b>	<b>78</b>	<b>83</b>











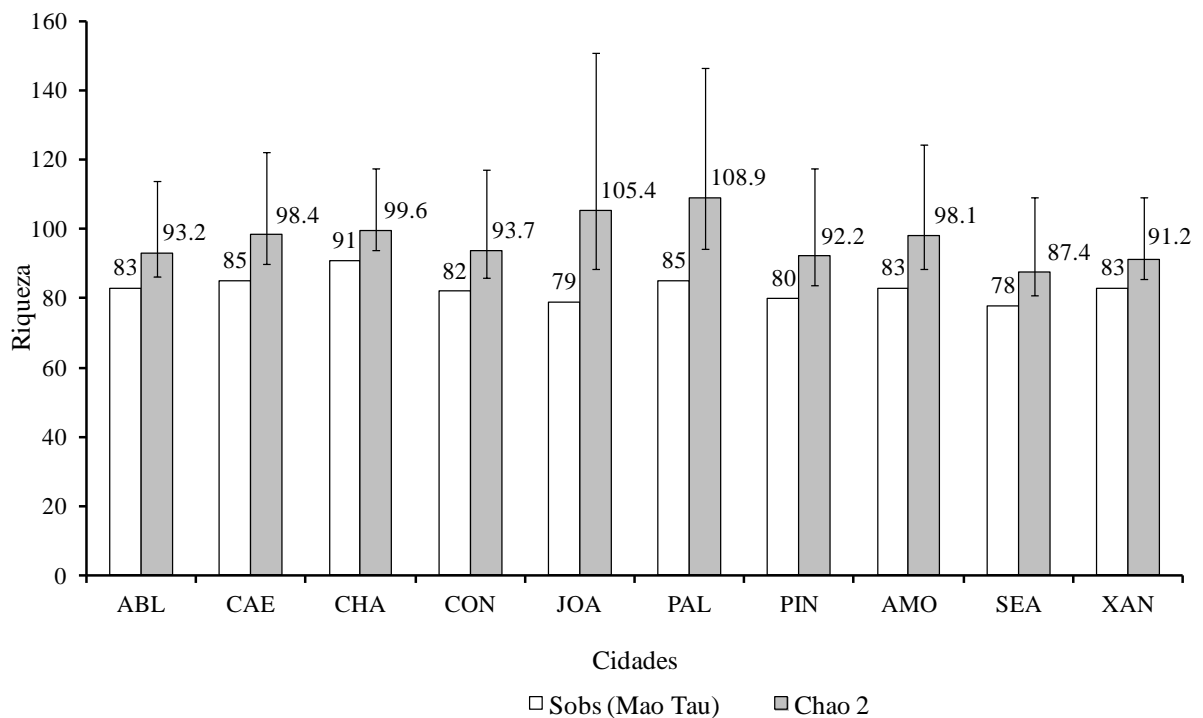
**Figura 2.** Comparação da riqueza de formigas de 10 cidades da região austral do domínio Mata Atlântica, pelo método de rarefação baseada no número de ocorrências: Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN), Santa Catarina, Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).

A maior cidade (Chapeçó) apresentou a maior riqueza, todavia a diferença neste parâmetro entre as assembleias de formigas das dez cidades foi relativamente pequena (Figura 3). As maiores estimativas foram verificadas para as cidades de Palmitos (108) e Joaçaba (105), enquanto Xanxerê (91) e Seara (87) ficaram com as menores estimativas (Figura 3). As assembleias que apresentaram a riqueza observada mais próxima às estimadas foram Chapeçó (91,3%) e Xanxerê (91%), enquanto Joaçaba (74,9%) e Palmitos (78%) foram as que mais diferiram.

## Discussão

A mirmecofauna da região onde o estudo foi realizado já foi extensamente amostrada considerando os trabalhos do naturalista Fritz Plaumann (Silva & Silvestre 2000) e os trabalhos mais recentes de Lutinski et al. (2008) e Iop et al. (2009); contudo, esta pesquisa confirma novas ocorrências de espécies para o estado de Santa Catarina. A identificação de gêneros de formigas neotropicais foi facilitada nos últimos anos graças a chaves taxonômicas

como a de Bolton (1994) e a de Palácio & Fernández (2003). Bancos de dados e de imagens on-line também constituem importantes ferramentas; entretanto a identificação de espécies pertencentes a gêneros importantes como *Camponotus*, *Crematogaster*, *Pheidole*, *Pseudomyrmex* e *Solenopsis* ainda carece de revisões, o que deixa uma parte importante da fauna desses gêneros identificada em morfoespécies.



**Figura 3.** Riquezas de formigas observadas e estimadas (Chao 2) com respectivos intervalos de confiança (95%) de dez cidades (Abelardo Luz (ABL), Campo Erê (CAE), Chapecó (CHA), Concórdia (CON), Joaçaba (JOA), Palmitos (PAL), Pinhalzinho (PIN) São Miguel do Oeste (SMO), Seara (SEA) e Xanxerê (XAN)) localizadas na região austral do domínio Mata Atlântica (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

Apesar da riqueza geral de formigas ter apresentado pequena variação de uma cidade para outra, apenas 13 espécies da maior assembleia (Chapecó,  $S=91$ ) em relação à menor (Seara,  $S=78$ ), este estudo acrescenta informações sobre a dimensão de riqueza de espécies de formigas em áreas urbanas aos resultados encontrados por Farneda et al. (2007) na cidade de Pinhalzinho ( $S=60$ ) e Iop et al. (2009) em Xanxerê ( $S=67$ ). A riqueza de formigas amostradas nos ambientes urbanos pode ser considerada expressiva, pois os táxons identificados ao nível de espécie (109) representam 29.8% da mirmecofauna anteriormente conhecida para todo o

estado de Santa Catarina e 52,1% da riqueza de formigas já descrita para a região oeste do estado (Ulysséa et al. 2011). As assembleias diferiram na composição das espécies e isso foi confirmado pela ocorrência de espécies exclusivas em nove das dez cidades. Esses resultados corroboram Santos et al. 2006 e Campos et al. 2008, que afirmam que a composição de espécies de formigas pode sofrer alterações significativas de acordo com as variações dos ambientes mesmo em um único Bioma.

Com exceção de Amblyoponinae e Proceratiinae, todas as demais nove Subfamílias de Formicidae com ocorrência já registrada para a região Austral da Mata Atlântica foram amostradas nesse estudo. Os maiores valores da riqueza verificados para as subfamílias Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae e Ponerinae e para os gêneros *Camponotus*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Crematogaster* e *Acromyrmex* corroboram os resultados encontrados nos estudos de Silva & Silvestre (2000), Lutinski et al. (2008) e Rosumek et al. (2008) onde estes táxons também foram os mais ricos. Este resultado sugere que as assembleias de formigas amostradas nos ambientes urbanos não diferem daquelas existentes nos demais ambientes situados na região austral do domínio Mata Atlântica quanto à ocorrência dos táxons com maior riqueza. A proximidade dos fragmentos florestais e das áreas verdes urbanas com outros ambientes naturais e a cobertura vegetal nativa predominante podem favorecer a existência e a manutenção de uma mirmecofauna diversificada nestes ambientes (Pacheco & Vasconcelos 2007) e ajudar a explicar a composição das espécies encontrada neste estudo.

A relação entre a riqueza e o esforço amostral empregado pode oferecer informações acerca da assembleia amostrada (Colwell et al. 2004), assim como o comportamento social de formigas e a distribuição desigual de colônias na paisagem e nos estratos podem influenciar nos resultados da amostragem (Bestelmeyer et al. 2000). Os resultados da análise de rarefação não sugerem diferenças significativas entre as riquezas de formigas das dez cidades amostradas, indicando a existência de fatores similares que mantêm a mirmecofauna nesses ambientes. Áreas verdes e praças públicas possuem um grande potencial para a conservação de espécies de formigas em áreas urbanas (Pacheco & Vasconcelos 2007) que, associados com os fragmentos florestais, podem contribuir para a existência de assembleias ricas de formigas mesmo em cidades de médio porte como Chapecó.

O estimador Chao 2 mostra que a riqueza de formigas das dez cidades pode ser, em média, 14,4% maior do que a riqueza observada. Chao et al. (2009) estimam que o esforço

amostral adicional necessário para coletar todas as espécies existentes em ambiente pode ser de até 10 vezes superior ao esforço original. As maiores estimativas de riqueza para as assembleias de formigas das cidades de Palmitos e Joaçaba evidenciam também um maior número de unicatas e duplicatas amostradas nessas cidades. Considerando o percentual da riqueza regional amostrado e o número das ocorrências de formigas, pode-se afirmar que as técnicas de amostragem foram adequadas.

Formigas dos gêneros *Camponotus*, *Pheidole* e *Solenopsis* se caracterizam como dominantes, onívoras e generalistas (Silvestre et al. 2003) e, assim como *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862), *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 e *Linepithema humile* (Mayr, 1868), são encontradas com muita frequência em ambientes urbanos (Lise et al. 2006, Soares et al. 2006, Farneda et al. 2007, Iop et al. 2009). Suas características as permitem ocupar ambientes alterados e sob forte pressão antrópica como áreas urbanas e ajudam a entender porque têm as maiores taxas de ocorrências neste estudo.

A ameaça que o processo de urbanização representa para a biodiversidade em geral é bem documentada e é necessário entender os impactos causados por esse processo que resulta na perda da biodiversidade (McKinney 2002, Galindo-Leal & Câmara 2003, Buczkowski & Richmond 2012). O presente estudo amplia a compreensão sobre a diversidade de formigas da região austral do Domínio Mata Atlântica, estendendo a área de ocorrência de algumas espécies de formigas. As assembleias de formigas não diferiram marcadamente quanto à diversidade, entretanto, nove delas apresentaram espécies exclusivas mostrando variação espacial na composição das assembleias. A existência e a conservação de ambientes como fragmentos florestais e áreas verdes no perímetro urbano podem explicar a riqueza e abundância dessas assembleias de formigas.

### **Agradecimentos**

Ao Ms. Félix Baumgarten Rosumek do Departamento de Ecologia e Zoologia da UFSC pelo auxílio na confirmação das espécies, ao Dr. Rodrigo Machado Feitosa, ao Dr. Rogério Rosa da Silva e ao Dr. Carlos Roberto Ferreira Brandão do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo pela atenção e pelo apoio durante o trabalho de comparação com o material tombado no MZUSP. À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

## Referencias bibliográficas

- AGOSTI, D. & ALONSO, L.E. 2000. The ALL protocol: selected case studies. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds). Smithsonian Institution, Washington, p.204-206.
- ALONSO, L.E. & AGOSTI, D. 2000. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds). Smithsonian Institution, Washington, p.1-8.
- BESTELMEYER, B.T., AGOSTI, D., ALONSO, L.E., BRANDÃO, C.R.F., BROWN Jr, W.L., DELABIE, J.H.C. & SILVESTRE, R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. In *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity* (D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso & T.R. Schultz, eds). Smithsonian Institution, Washington, p.122-144.
- BLAIR, R.B. 2001. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the United States: Is urbanization creating a homogenous fauna? In *Biotic homogenization* (J.L. Lockwood & M.L. McKinney, eds). Kluwer Academic, New York, p.33–56.
- BOLTON, B. 1994. *Identification guide to the ant genera of the world*. Harvard University Press, Cambridge.
- BUCZKOWSKI, G. & RICHMOND, D.S. 2012. The Effect of Urbanization on Ant Abundance and Diversity: A Temporal Examination of Factors Affecting Biodiversity. *PLoS ONE*. 7:e41729.
- CAMPOS, R.I., LOPES, C.T., MAGALHÃES, W.C.S. & VASCONCELOS, H.L. 2008. Estratificação vertical de formigas em cerrado *strictu sensu* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás, Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 98(3):311-316.
- CHAO, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 43(4):783-791.
- CHAO, A., COLWELL, R.K., LIN, C.W. & GOTELLI, N.J. 2009. Sufficient sampling for asymptotic minimum species richness estimators. *Ecology*, 90(4):1125-1133.
- COLWELL, R.K. 2006. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Share Species from Simples (Software and User's Guide)*, Versão 8. <http://viceroy.eeb.ucon.edu/estimates>. (último acesso 30/10/2012).
- COLWELL, R.K., MAO C.X. & CHANG, J. 2004. Interpolating, Extrapolating, and Comparing Incidence-Based Species Accumulation Curves. *Ecology*, 85(10):2717-2727.

- COSTA, S.B.D., PELLI, A., CARVALHO, G.P., OLIVEIRA, A.G., SILVA P.R., TEIXEIRA, M.M., MARTINS, E., TERRA, A.P.S., RESENDE, E.M., OLIVEIRA, C.C.H.B., MORAIS, C.A. 2006. Formigas como vetores mecânicos de microorganismos no Hospital Escola da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. *Rev Socied. Bras. Med. Trop.* 39(6):527-529.
- DELLA LUCIA, T.M.C. 1993. *As formigas cortadeiras*. Editora Folha da Mata, Viçosa.
- FARNEDA, F.Z., LUTINSKI, J.A. & GARCIA, F.R.M. 2007. Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na área urbana do município de Pinhalzinho, Santa Catarina, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 1:53-66.
- FERNÁNDEZ, F. 2003. *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I.G. 2003. *The Atlantic Forest of South America. Biodiversity Status, Threats, and Outlook*. Island Press. Washington DC.
- GONÇALVES, C.R. 1961. O Gênero *Acromyrmex* no Brasil. *Studia Entomologica*. 4:113-180.
- GOTELLI, N.J. & COLWELL, R.K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4:379-391.
- GOTELLI, N.J. & ENTSMINGER, G.L. 2001. *EcoSim: Null models software for ecology*. Versão 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. (último acesso 17/03/2013).
- HÖLLDOBLER, B. & WILSON, E.O. 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. (último acesso 17/03/2013).
- IOP, S., CALDART, V.M., LUTINSKI, J.A. & GARCIA, F.R.M. 2009. Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas*, 22(2):55-64.
- KAMURA, C.M., MORINI, M.S.C., FIGUEIREDO, C.J., BUENO, O.C. & CAMPOS-FARINHA, A.E.C. 2007. Ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in an urban ecosystem near the Atlantic Rainforest. *Braz. J. Biol.* 67(4):635-641.
- KEMPF, W.W. 1964. A revision of the Neotropical fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex* Mayr. Part I: Group of *strigatus* Mayr. *Studia Entomologica*. 7:1-44.
- KEMPF, W.W. 1965. A revision of the Neotropical fungus-growing ants of the genus *Cyphomyrmex* Mayr. Part II: Group of *rimosus* (Spinola) (Hym., Formicidae). *Studia Entomologica*. 8:161-200.

- KÖPPEN, W. 1948. Climatologia. Fundo de Cultura Econômica, Cidade do México.
- LATTKE, J. 1995. Revision of the ant genus *Gnamptogenys* in the New World (Hymenoptera: Formicidae). *J. Hymen. Research.* 4:137-193.
- LISE, F., GARCIA, F.R.M. & LUTINSKI, J.A. 2006. Association of ants (Hymenoptera: Formicidae) with bacteria in hospitals in the State of Santa Catarina, Brazil. *Rev. Socied. Bras. Med. Trop.* 39(6):523-526.
- LONGINO, J.T. 2003. The *Crematogaster* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) of Costa Rica. *Zootaxa*, 151:1-150.
- LONGINO, J.T. & FERNÁNDEZ, F. 2007. Taxonomic review of the genus *Wasmannia*. In *Advances in ant systematics (Hymenoptera: Formicidae): homage to E. O. Wilson – 50 years of contributions* (R.R. Snelling, B.L Fisher & P.S. Ward, Org). *Memoirs of the American Entomological Institute*, p.271-289.
- LUCK, R.F. & DAHSTEN, D.L. 1974. Natural decline of a pine needle scale (*Chionaspis pinifoliae* (Fitch)) outbreak at South Lake Tahoe, California, Following cessation of adult mosquito control with malathion. *Ecology*, 56(4):893-904.
- LUTINSKI, J.A., GARCIA, F.R.M., LUTINSKI, C.J. & IOP, S. 2008. Diversidade de formigas na Floresta Nacional de Chapecó, Santa Catarina, Brasil. *Ciênc. Rural* 38(7):1810–1816.
- MACIEL, L., IANTAS, J., GRUCHOWSKI-W, F.C. & HOLDEFER, D.R. 2011. Inventário da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ambiente de sucessão ecológica florística no município de União da Vitória, Paraná. *Biod. Pampeana*, 9(1):38:43.
- McINTYRE, N.E. 2000. Ecology of urban arthropods: A review and a call to action. *Ann. Entomol. Soc.* 93:825-35.
- McINTYRE, N.E., RANGO, J., FAGAN, W.F. & FAETH, S.H. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landsc. Urban Plan.* 52:257–274.
- McKINNEY, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, 52(10):883–890.
- MELO, A.S., PEREIRA, R.A.S., SANTOS, A.J., SHEPHERD, G.J., MACHADO, G., MEDEIROS, H.F. & SAWAYA, R.J. 2003. Comparing species richness among assemblages using sample units: why not use extrapolation methods to standardize different sample sizes? *Oikos* 101(2):398-410.
- MOREIRA, D.D.O., MORAIS, V., VIEIRA-DA-MOTA, O., CAMPOS-FARINHA, A.E.C.

- & TONHASCA Jr, A. 2005. Ants as carriers of antibiotic-resistant bacteria in hospitals. *Neotrop. Entomol.* 34(6):999-1006.
- NIEMELÄ, J. 1999. Ecology and urban planning. *Biodivers. Conserv.* 8(1):119–131.
- OLIVEIRA, M.F. & CAMPOS-FARINHA, A.E.C. 2005. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. *Arq. Instituto Biológico.* 72:33-39.
- PACHECO, R. & VASCONCELOS, H.L. 2007. Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. *Landsc. Urban Plan.* 81(3):193–199.
- PALÁCIO, E.E. & FERNÁNDEZ, F. 2003. Claves para las subfamilias y géneros. In *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (F. Fernández, ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, p.233–260.
- ROSUMEK, F.B., ULYSSÉA, M.A., LOPES, B.C., STEINER, J. & ZILLIKENS, A. 2008. Formigas de solo e de bromélias em uma área de Mata Atlântica, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil: Levantamento de espécies e novos registros. *Biotemas*, 21(4):81–89.
- SANFORD, M.P., MANLEY, P.N. & MURPHY, D.D. 2008. Effects of urban development on ant communities: implications for ecosystem services and management. *Conserv. Biol.* 23(1):131-141.
- SANTOS, M.S. JÚLIO, N.C., LOUZADA, N.D., ZANETTI, R., DELABIE, J.H.C. & NASCIMENTO, I.C. 2006. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. *Iheringia. Sér. Zool.* 96(1):95-101.
- SARMIENTO, C.E. 2003. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. In *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (F. Fernández, ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, p.201–210.
- SILVA, E.J.E. & LOECK, A.E. 1999. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera: Formicidae) em Pelotas, RS. *Rev. Bras. Agric.* 5(3):220-224.
- SILVA, R.R. & SILVESTRE, R. 2000. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em Seara, Oeste de Santa Catarina. *Biotemas*, 13(2):85–105.
- SILVESTRE, R., BRANDÃO, C.R.F. & SILVA, R.R. 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. In *Introducción a las hormigas de la región neotropical* (F. Fernández, ed). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia, p.113–148.



- SOARES, S.S., ALMEIDA, L.O., GONÇALVES, C.A., MARCOLINO, M.T. & BONETTI, A.M. 2006. Levantamento da diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) na região urbana de Uberlândia, MG. *Neotrop. Entomol.* 35(3):324-328.
- TABER, S.W. 1998. *The world of the harvester ants*. Texas A & M University Press, College Station.
- ULYSSÉA, M.A., CERETO, C.E., ROSUMEK, F.B., SILVA, R.R. & LOPES, B.C. 2011. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. *Rev. Bras. Entomol.* 55 (4):603–611.
- UNO, S., COTTON, J. & PHILPOTT, S.M. 2010. Diversity, abundance, and species composition of ants in urban green spaces. *Urban Ecosystem.* 13:425–441.
- UNDP (United Nations Development Programme), United Nations Environment Programme, World Bank and World Resources Institute. 2000. *A guide to world resources 2000–2001: people and ecosystems— the fraying web of life*. World Resources Institute, Washington DC.
- WATKINS, J.F. 1976. *The identification and distribution of New World army ants (Dorylinae: Formicidae)*. Markham Press Fund of Baylor University Press, Waco.
- WILD, A.L. 2007. Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae). *Univ. Calif. Publ. Entomol.* 126:1-159
- YAMAGUCHI, T. 2004. Influence of urbanization on ant distribution in parks of Tokyo and Chiba City, Japan. *Ecol. Res.*19: 209–216.

## ARTIGO 2

---

Estrutura da comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em quatro ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica

Ant community structure (Hymenoptera: Formicidae) in four environments with different levels of human disturbance

JUNIR ANTONIO LUTINSKI<sup>1,✉</sup>; CLADIS JULIANA LUTINSKI<sup>2</sup>; BENEDITO CORTÊS LOPES<sup>3</sup> & ANA BEATRIZ BARROS DE MORAIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria. Av. Roraima, 1000, prédio 17– D. Santa Maria, RS, Brasil. 97105-900.*

<sup>2</sup> *Universidade Federal da Fronteira Sul, Lab. de Biologia. Av. Presidente Getúlio Vargas, 609N. Edifício Engemed. 2º Andar. Centro. Chapecó, SC, Brasil. 898012-000.*

<sup>3</sup> *Departamento de Ecologia e Zoologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina. Trindade, Florianópolis, SC, Brasil. 88010-970.*

✉ Rua Beija-Flor, 254 E, EFAPI, Chapecó, Santa Catarina, Brasil. 89809-760.

junir@unochapeco.edu.br

Comunidade de formigas de quatro tipos de ambiente

**Keywords:** Composition; conservation; forest fragments; richness; urban green areas.

**Palavras-chave:** Áreas verdes urbanas; composição; conservação; fragmentos florestais; riqueza.

**RESUMO:** A diversidade e a estrutura das comunidades biológicas são afetadas pela intensificação das atividades antrópicas. Este estudo avaliou a estrutura das assembleias de formigas de quatro tipos de ambientes ao longo de um gradiente de intensidade de perturbação antrópica em dez cidades situadas na região austral do Domínio Mata Atlântica. Os ambientes avaliados foram: fragmentos florestais, áreas verdes, escolas e centros de

reciclagem. Foram realizadas duas amostragens durante o ano de 2011, uma em fevereiro e março e outra em outubro e novembro. Para a comparação das assembleias de formigas foi desenvolvida uma análise de rarefação baseada no número de ocorrências nos quatro tipos de ambientes. A composição das assembleias foi verificada através de um teste de aninhamento utilizando a métrica a NODF. A associação das espécies de formigas com os ambientes amostrados foi obtida por meio de uma Análise de Espécies Indicadoras (ISA). Foram encontradas diferenças significativas de riqueza e de abundância entre os ambientes, mostrando uma tendência de redução nos ambientes escolares e centros de reciclagem em relação aos fragmentos florestais e áreas verdes. Observou-se um padrão de aninhamento ao longo do gradiente, ou seja, as assembleias pertencentes aos ambientes sob maior pressão antrópica são subconjuntos da mirmecofauna dos ambientes mais conservados. Não houve alteração da composição das assembleias, e sim uma perda importante de espécies de um ambiente para outro. Os fragmentos florestais apresentaram o maior número de espécies indicadoras (12), seguido pelas áreas verdes (4) e escolas (3). Os resultados podem ajudar na implementação de políticas de desenvolvimento urbano e na elaboração de planos de conservação.

**ABSTRACT: Ant community structure (Hymenoptera: Formicidae) in four environments with different levels of human disturbance.** The diversity and biological communities structure are affected by the intensification of human activities. This study evaluated the ant community structure from four types of environments with different levels of human disturbance intensity at ten cities in the southern region of the Atlantic Forest Biome. The environments were: forest fragments, green areas, schools, and recycling centers. Two samplings were conducted in 2011, one in February and March and another in October and November. To compare the ant assemblages, it was performed a rarefaction analysis based on occurrences number. The composition of the assemblages was evaluated by a nestedness test using the NODF metric. The association of ant species with the environments was obtained by an Indicator Species Analysis (ISA). Significant differences in richness and abundance were found between the environments, showing a downward trend in schools and recycling centers in relation to forest fragments and green areas. There was a nesting pattern along the gradient, ie the assemblies belonging to the high human pressure environments are subsets of the conserved ones. There was no change in the composition of the assemblies, but a significant loss of species from one environment to another. The forest fragments had the highest number of indicator species (12), followed by green areas (4) and schools (3). The

results can help in the implementation of urban development policies and development of conservation plans.

## INTRODUÇÃO

A diversidade e a estrutura das comunidades biológicas são afetadas pela intensificação das atividades antrópicas, especialmente devido à superexploração dos recursos naturais (Diamond 2012). O processo de urbanização é uma das principais ameaças à biodiversidade e causa da fragmentação de ecossistemas (McKinney 2002; Toennisson et al. 2011), o que resulta em impacto sobre a riqueza e a abundância das espécies (Sanford et al. 2008). Este processo afeta a qualidade dos habitats remanescentes dentro do perímetro urbano ou próximo a ele, dificultando ou impedindo a dispersão de animais e plantas (Connor et al. 2002) e aumentando, diminuindo ou extinguindo populações locais (Morini et al. 2007; Dáttilo et al. 2011). A urbanização cria ainda ambientes relativamente homogêneos e força espécies nativas a se adaptarem a um ambiente muito diferente de um ecossistema natural. Esse processo faz com que muitas espécies especialistas se tornem localmente extintas e possibilita que poucas espécies generalistas se tornem abundantes e dominantes nesses ambientes, tolerando e se beneficiando das atividades humanas (Buczowski & Richmond 2012). Nesse contexto, é necessário conhecer a biodiversidade existente em ambientes sob diferentes graus de pressão antrópica e identificar padrões que ajudem na identificação de ambientes de interesse para a conservação.

Formicidae constitui um dos táxons de insetos mais diversificados (Hölldobler & Wilson 1990), caracterizado pela ampla distribuição, riqueza e abundância nos ecossistemas terrestres (Alonso & Agosti 2000). Representa um grupo ideal para estudos do efeito da urbanização sobre a estrutura de suas comunidades (López-Moreno et al. 2003). A fauna de formigas que habita áreas urbanas do bioma Mata Atlântica tem sido extensamente estudada nos últimos anos (Morini et al. 2007; Iop et al. 2009), entretanto, a mirmecofauna de muitas regiões ainda permanece totalmente desconhecida (Ulysséa et al. 2011). A riqueza e a abundância de formigas de ambientes residenciais e comerciais (Oliveira & Campos-Farinha 2005; Iop et al. 2009), fragmentos florestais e áreas verdes (Pacheco & Vasconcelos 2007) já foram alvos de estudos. Contudo, há uma carência de informações acerca das alterações na comunidade de formigas ao longo de gradientes de perturbação antrópica envolvendo ambientes situados em áreas urbanas.

Ambientes escolares localizados em áreas urbanas possuem uma quantidade limitada de cobertura vegetal. A vegetação existente é composta essencialmente por plantas ornamentais, exóticas e de pequeno porte usadas na formação de jardins enquanto que árvores raramente estão presentes. Este ambiente se caracteriza ainda pela presença de edificações, calçadas e estacionamentos e pela intensa atividade humana local. Os centros de reciclagem representam um extremo da ação antrópica em um ambiente urbano. São locais desprovidos de vegetação, recebem e armazenam grandes quantidades de lixo, suportam a drenagem de compostos diretamente para o solo e a queima constante de resíduos indesejáveis. Ainda contam com uma movimentação constante de pessoas e veículos (Lutinski & Souza 2009). O conhecimento da estrutura das assembleias de formigas desses ambientes pode ajudar na elucidação dos fatores que favoreçam seu estabelecimento em cada um destes ambientes e ainda indicar espécies capazes de suportar condições extremas de impacto antrópico. Enquanto a maioria dos estudos se volta para o impacto negativo do processo de urbanização sobre as assembleias de formigas, uma nova tendência começa a mostrar que algumas espécies podem se beneficiar desse processo se tornando dominantes e assim podem predizer informações importantes sobre o ambiente em que se encontram (Pacheco & Vasconcelos 2007; Stringer et al. 2009).

Este estudo buscou avaliar (1) a variação da riqueza e da abundância de formigas entre ambientes ao longo de um gradiente de perturbação antrópica; (2) se as espécies mais abundantes e dominantes em ambientes menos perturbados também assumem tal condição nos ambientes mais perturbados; (3) se a composição das assembleias de formigas varia em função dos ambientes amostrados; e (4) se há espécies de formigas com potencial de indicação para os ambientes avaliados.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas as assembleias de formigas pertencentes a quatro tipos de ambientes classificados em um gradiente de intensidade de perturbação antrópica: elegemos fragmentos florestais como o tipo de ambiente sob menor perturbação, seguido por áreas verdes, escolas e centros de reciclagem no outro extremo do gradiente como aquele sob maior perturbação. Foram amostrados 30 fragmentos florestais, 30 áreas verdes, 30 escolas e 19 centros de reciclagem distribuídos em dez cidades do oeste do estado de Santa Catarina, conforme Informação Suplementar, Tabela S1. As amostragens nos centros de reciclagem ficaram restritas à existência desse tipo de estabelecimento nas cidades. A distância mínima verificada entre uma réplica e outra foi de 300 metros. Esta distância mínima também foi respeitada

entre réplicas de ambientes diferentes. As cidades encontram-se situadas em uma extensão de aproximadamente 300 km no sentido leste/oeste e de 80 km no sentido norte/sul.

Os fragmentos florestais estudados são remanescentes de Mata Atlântica, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecídua, possuem área média de 4,6 ha cada um e encontram-se situados no interior ou na periferia de suas respectivas cidades. Apresentam vestígios de atividades humanas, porém de baixo impacto como a existência de trilhas de passagem, a retirada de árvores mortas ou parte de árvores para uso como fonte de energia e a deposição eventual de lixo. Como áreas verdes foram consideradas praças e parques urbanos com área média de 2,06 ha. Arborizados predominantemente com espécies nativas da região, são locais utilizados para a prática de atividades físicas e de recreação. Verifica-se a existência de sub-bosque esparso constituído essencialmente por gramíneas e vegetação arbustiva. Os ambientes escolares possuem área média (incluindo áreas de edificações, jardins e calçadas) de 0,5 ha. A vegetação existente é composta predominantemente por gramíneas e plantas ornamentais, exóticas e de pequeno porte. Como centros de reciclagem foram avaliados espaços destinados ao recebimento, separação e armazenamento de materiais recicláveis (metais, plásticos, papel, vidro e outros). Esses ambientes possuem área média de 0,2 ha e se caracterizam pela ausência de vegetação e pelo acúmulo de materiais de diferentes origens (Lutinski & Souza 2009).

### *Amostragem*

Foram realizadas duas campanhas de amostragem durante o ano de 2011, uma em fevereiro e março e a outra em outubro e novembro. A metodologia consistiu no uso de iscas de sardinha e de glicose (10 iscas de 1 g de sardinha, 10 iscas de 1 ml de glicose) e coleta manual por uma hora, em cada réplica e em cada campanha de amostragem. As iscas foram preparadas sobre retângulos de papel poroso e distribuídas de forma alternada sobre o solo equidistantes 10 metros entre si (Bestelmeyer et al. 2000; Lutinski et al. 2013a). As amostragens manuais foram conduzidas obedecendo a um percurso aleatório (Sarmiento 2003). Foi utilizado um total de 4.360 iscas e empregado um total de 218 horas de coleta manual. As campanhas foram conduzidas durante o dia (entre 08:00 e 17:00 h) com alternância dos turnos matutino e vespertino em cada réplica, por exemplo, se um dado fragmento foi amostrado na primeira campanha no período da manhã, na segunda campanha este foi amostrado no período da tarde.

Os espécimes coletados foram transportados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ), Chapecó, SC, Brasil,

para a triagem. A identificação foi conduzida primeiramente no laboratório de Biologia de Formigas da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, utilizando-se chaves disponíveis. Posteriormente, foi feita comparação dos exemplares coletados com os espécimes tombados na coleção do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil. O material testemunho foi depositado na coleção entomológica do Laboratório de Entomologia da UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil. Maior detalhamento das técnicas de identificação utilizadas neste estudo podem ser verificados em Lutinski et al. (2013b).

#### *Análise estatística*

A riqueza de formigas das réplicas de cada tipo de ambiente foi comparada através de um diagrama do tipo *boxplot* (Tukey 1977) construído no programa estatístico PAST (Hammer et al. 2001). Esta análise é exploratória e resume os dados em cinco números: valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo. Possibilita a comparação de séries de dados pertencentes a diferentes categorias. As assembleias de formigas de cada tipo de ambiente foram comparadas também por meio de análises de rarefação baseadas no número de ocorrências (Gotelli & Colwell 2001). Essa análise foi obtida utilizando-se o programa EcoSim 7 (Gotelli & Entsminger 2001) e permite comparações de riqueza entre assembleias que diferem quanto à ocorrência de espécies (Melo et al. 2003).

A avaliação das espécies abundantes e dominantes foi realizada a partir de uma tabela comparativa onde foram listadas as cinco espécies mais frequentes nas amostras de cada tipo de ambiente. A frequência nas amostras foi definida como o número de vezes que uma dada espécie foi registrada em uma das iscas ou na coleta manual, desconsiderando o número de indivíduos amostrados. As ocorrências foram agrupadas nos quatro tipos de ambientes (categorias do gradiente) independentemente da réplica ou da cidade. Como “abundantes” foram consideradas as espécies que apresentaram as maiores frequências absolutas de ocorrências e como “dominantes” as que apresentaram frequência relativa maior que 10% ( $fr > 0,1$ ) (Novotný & Basset 2000).

Para avaliar possíveis variações na composição das assembleias de formigas correspondentes a cada tipo de ambiente, estas foram submetidas a um teste de aninhamento utilizando a métrica NODF (métrica de aninhamento baseada em sobreposição e redução de riqueza) (Almeida-Neto et al. 2008) com o uso do programa estatístico R (R Development Core Team 2011). Este teste teve como objetivo avaliar se a composição das espécies varia de um ambiente para outro, se há perda ou substituição de espécies. Um resultado significativo

de aninhamento permite inferir que ambientes com menor riqueza podem ser classificados como subconjuntos de um ambiente com maior riqueza (Ulrich et al. 2009). Para a visualização do grau de aninhamento da comunidade, foi construída uma matriz de distribuição das espécies de acordo com Atmar & Patterson (1993). Nesta matriz os ambientes são dispostos nas linhas, em ordem decrescente de acordo com a sua riqueza e as espécies são dispostas nas colunas de acordo com o número de ambientes em que ocorreram.

A associação das espécies de formigas com os ambientes amostrados foi obtida por meio de uma Análise de Espécies Indicadoras (ISA) (Dufrene & Legendre 1997), obtendo-se o valor de indicação para cada espécie. As espécies foram consideradas indicadoras quando obtiveram o valor de indicação  $\geq 25\%$  e probabilidade estatística  $p \leq 0,05$ . Para esta análise foi utilizado o programa PC-Ord 5.31 (McCune & Mefford 2006).

## RESULTADOS

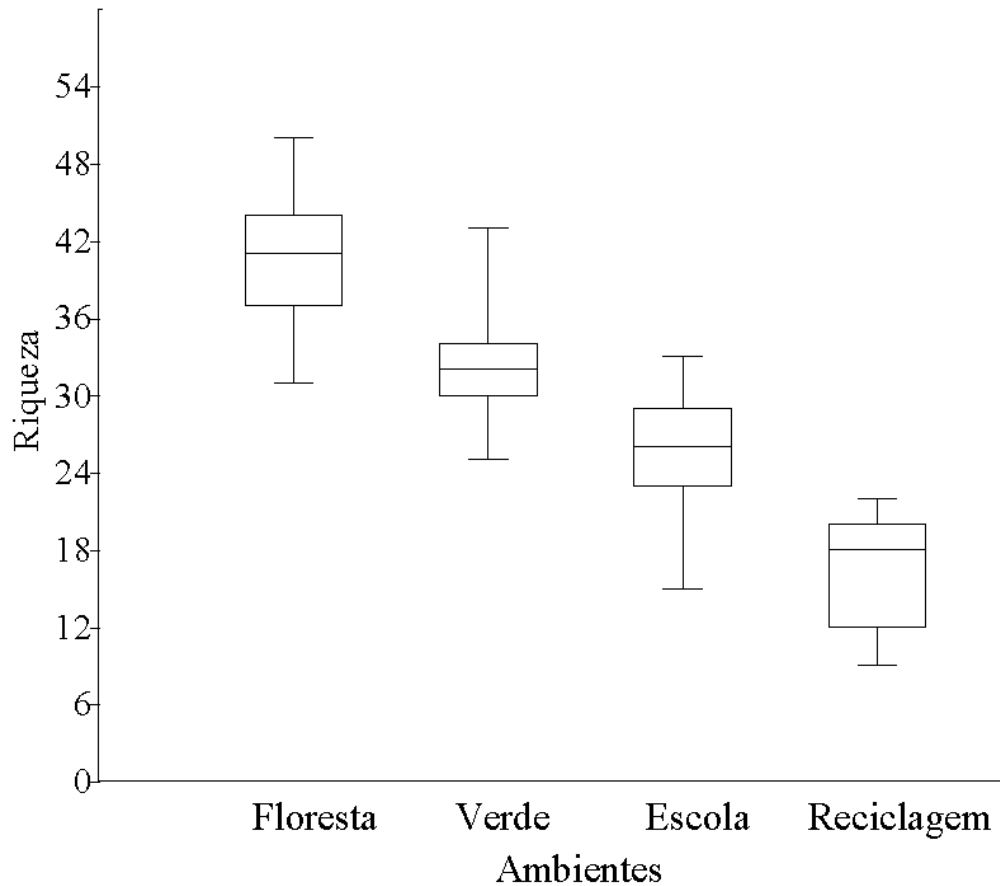
Foi identificada uma riqueza total de 140 espécies de formigas nos quatro ambientes do gradiente. Nos fragmentos florestais foram identificadas 130 espécies, seguido pelas áreas verdes com 103, escolas com 81 e centros de reciclagem com 46, representando 92,8%, 73,6%, 57,8% e 32,8% da riqueza total, respectivamente. Os fragmentos florestais também apresentaram o maior número de ocorrências ( $n=2.851$ ; 32,4%), seguido pelas áreas verdes ( $n=2.750$ ; 31,3%), escolas ( $n=2.385$ ; 27,1%) e centros de reciclagem ( $n=804$ ; 9,2%) (Informação Suplementar, Tabela S2). Essas diferenças ficam mais evidentes no padrão obtido a partir da riqueza das réplicas de cada tipo de ambiente conforme demonstrado na Figura 1. A análise de rarefação (Figura 2) demonstrou que as diferenças de riqueza entre os quatro ambientes foram significativas.

Apenas nove espécies se destacaram entre as mais abundantes nos ambientes amostrados. Duas delas pertencentes ao gênero *Pheidole* (*Pheidole dyctiota* Kempf, 1972 e *Pheidole pubiventris* Mayr, 1887) apareceram entre as cinco espécies mais abundantes nos quatro tipos de ambientes. *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908 e *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862) também se destacaram em todos os ambientes amostrados, exceto nos fragmentos florestais, onde *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775) e *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858 apareceram entre as espécies mais abundantes. No ambiente escolar observou-se a espécie *Camponotus mus* Roger, 1863 entre as mais abundantes, enquanto nos centros de reciclagem se destacou a espécie *Solenopsis* sp. 1 (Tabela 1).

Nenhuma espécie foi classificada como dominante para os fragmentos florestais, segundo o critério adotado. Já nas áreas verdes foram classificadas como dominantes, as



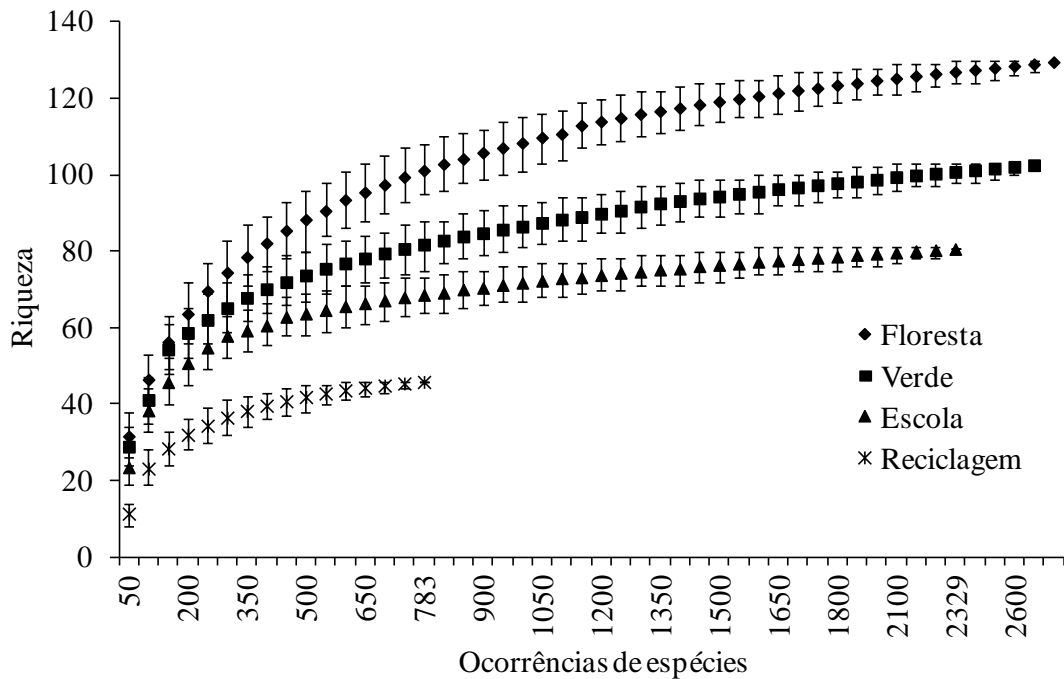
espécies *P. pubiventris* e *P. dyctiota*, sendo esta última dominante também nas escolas e nos centros de reciclagem. Ainda se destacaram como dominantes a espécie *N. fulva* no ambiente escolar e *D. brunneus* nos centros de reciclagem (Tabela 1).



**Figura 1.** Comparativo da riqueza de formigas das réplicas de quatro ambientes (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escola: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). Os valores da riqueza estão apresentados na forma de *boxplots* que representam os valores das medianas, 1° e 3° quartis e valores extremos.

Quanto às espécies mais raras, 18 tiveram apenas uma ocorrência e 13, duas ocorrências na soma da abundância dos quatro ambientes. Essas 31 espécies representam 22,1% da riqueza total inventariada. A assembleia de formigas dos fragmentos florestais contribuiu com o maior número de espécies (18) nesta condição, seguida pela assembleia das áreas verdes (12) e dos ambientes escolares (3) (Informação Suplementar, Tabela S2). Todas

as espécies registradas nos centros de reciclagem apresentaram mais de duas ocorrências nas amostras.



**Figura 2.** Comparação, pelo método de rarefação baseada no número de ocorrências, da fauna de formigas de quatro tipos de ambientes (Florestas: fragmentos florestais; Verdes: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). As barras indicam o intervalo de confiança (95%).

Não houve substituição de espécies nos diferentes ambientes avaliadas. O teste NODF demonstrou que as assembleias de formigas amostradas nos fragmentos florestais, áreas verdes, escolas e centros de reciclagem são aninhadas (NODF observada: 95,1; NODF randomizada: 68,8; SD: 7,0), ou seja, as três últimas assembleias podem ser consideradas subconjuntos da assembleia de formigas encontrada nos fragmentos florestais. A matriz de distribuição das espécies (Figura 3) demonstra o padrão de aninhamento encontrado.

Os fragmentos florestais apresentaram o maior número de espécies indicadoras (12), seguido pelas áreas verdes com quatro e escolas com três. Nos fragmentos florestais se destacaram *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1884, *P. striata* e *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858) com valor de indicação (VI) superior a 50%, enquanto *P. dyctiota* apresentou o maior valor de indicação (32,8%) nas áreas verdes e *N. fulva* (35,7%) nas escolas (Tabela 2). Nenhuma espécie apresentou valor de indicação maior ou igual a 25% nos centros de reciclagem.

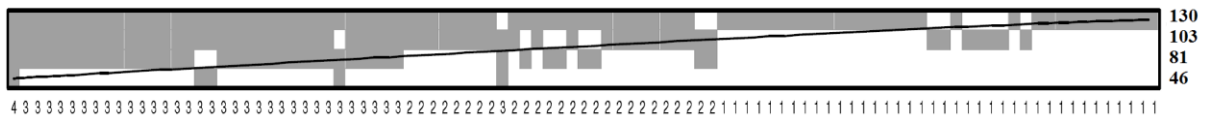
**Tabela 1.** Lista das espécies de formigas mais abundantes (a) e dominantes (\*) com suas respectivas frequências relativas percentuais (%) nas amostras em quatro tipos de ambiente (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<i>Camponotus mus</i> Roger, 1863	1.9	3.3	4.3 (a)	3.2
<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	7.5 (a)	3.8	2.7	3.0
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	0.9	4.0 (a)	5.7 (a)	11.3 (a)(*)
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	2.7	5.4 (a)	11.0 (a)(*)	9.8 (a)
<i>Pachycondyla striata</i> F. Smith, 1858	4.0 (a)	3.2	0.7	0.0
<i>Pheidole dyctiota</i> Kempf, 1972	5.9 (a)	11.7 (a)(*)	11.7 (a)(*)	15.5 (a) (*)
<i>Pheidole pubiventris</i> Mayr, 1887	8.0 (a)	10.1 (a)(*)	9.9 (a)	8.1 (a)
<i>Pheidole tristis</i> (F. Smith, 1858)	9.8 (a)	4.3 (a)	3.0	2.2
<i>Solenopsis</i> sp. 1	1.1	1.9	2.6	5.7 (a)

**Tabela 2.** Lista das espécies de formigas com Valor de Indicação (VI)  $\geq 25\%$  e probabilidade estatística (p)  $\leq 0,05$  associadas a três tipos de ambientes (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

<b>Táxon</b>	<b>VI(%)</b>	<b>VI(%)</b>	<b>VI(%)</b>	<b>p</b>
	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	61.7			0.0002
<i>Pachycondyla striata</i> F. Smith, 1858	51.8			0.0002
<i>Pheidole tristis</i> (F. Smith, 1858)	50.7			0.0002
<i>Solenopsis stricta</i> Emery, 1896	34.6			0.0002
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (F. Smith, 1855)	34.2			0.0002
<i>Solenopsis</i> sp. 4	32.5			0.0002
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	31.8			0.0002
<i>Solenopsis</i> sp. 2	30.5			0.0002
<i>Pheidole lignicola</i> Mayr, 1887	26.5			0.0016
<i>Crematogaster magnifica</i> Santschi, 1925	25.5			0.0002

<i>Pheidole punctatissima</i> Mayr, 1870	25.2	0.0034
<i>Pheidole</i> sp. 4	25.1	0.0006
<i>Pheidole dyctiota</i> Kempf, 1972	32.8	0.0004
<i>Pheidole pubiventris</i> Mayr, 1887	29.6	0.026
<i>Camponotus crassus</i> Mayr, 1862	28.6	0.0004
<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	28.6	0.0002
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	35.7	0.0002
<i>Camponotus mus</i> Roger, 1863	31.3	0.001
<i>Pheidole laevifrons</i> Mayr, 1887	25.2	0.0024



**Figura 3.** Matriz de distribuição de espécies de formigas no gradiente de quatro tipos de ambientes (fragmentos florestais, áreas verdes, escolas e centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011). Os ambientes estão dispostos nas linhas e as espécies nas colunas. A linha em diagonal indica a temperatura da matriz.

## DISCUSSÃO

A riqueza e a abundância de formigas variaram de um ambiente para outro apresentando tendência de redução de acordo com a intensificação do nível de perturbação antrópica. A abundância e a dominância caracterizaram de forma diferente as assembleias de formigas de cada ambiente. As espécies classificadas como abundantes e dominantes nos ambientes mais conservados não apresentaram tal condição nos ambientes mais perturbados. Não houve variação da composição das espécies entre uma assembleia e outra, mas houve perda de espécies ao longo do gradiente. O número de espécies com potencial de indicação decresceu à medida que aumenta o nível de perturbação antrópica do gradiente.

A maior riqueza e abundância observadas nos fragmentos florestais e nas áreas verdes estão de acordo com a hipótese da heterogeneidade ambiental (Pianka 1994), que prevê aumento da riqueza e da diversidade à medida que os ambientes tornam-se mais complexos e a oferta de recursos para o estabelecimento das espécies é maior. O potencial dos fragmentos

florestais e das áreas verdes para a conservação de espécies de formigas em áreas urbanas já foi objeto de pesquisas anteriores (Morini et al. 2007; Pacheco & Vasconcelos 2007) e os resultados deste estudo corroboram os resultados desses pesquisadores já que esses ambientes apresentaram maiores riquezas e abundâncias comparados aos ambientes escolares e aos centros de reciclagem. Os comparativos de riqueza (*boxplot* e análise de rarefação) mostraram diferenças entre as assembleias de formigas dos quatro ambientes do gradiente. Este resultado sugere que a diversidade de formigas de fragmentos florestais e de áreas verdes pode estar sendo favorecida por fatores como o tamanho das áreas, a cobertura vegetal, presença de serapilheira (existente nos fragmentos florestais) e pela menor intensidade das atividades humanas desenvolvida nesses ambientes. Apesar do menor esforço amostral nos centros de reciclagem, a redução de riqueza e de abundância de formigas nesse extremo do gradiente corrobora com Pacheco & Vasconcelos (2007) e Sanford et al. (2008) cujos resultados demonstram que há uma redução significativa da diversidade de formigas em ambientes sob elevado nível de antropização quando comparados a ambientes sob menor perturbação.

Os fragmentos florestais apresentaram assembleias de formigas com a melhor distribuição da abundância entre as espécies, enquanto que nos centros de reciclagem foi constatada a maior concentração da abundância. Esse resultado corrobora com a predição de que a maior riqueza de um ambiente geralmente está associada com uma maior distribuição da abundância relativa das espécies (Ricklefs 2001). A maior abundância de *C. mus*, *D. brunneus*, *N. fulva*, *P. dyctiota* e *P. pubiventris* nos ambientes escolares e nos centros de reciclagem pode ser explicada pela tolerância que estas espécies possuem para se estabelecer sob tais condições ambientais. Espécies destes gêneros são geralmente classificadas como generalistas e oportunistas e toleram ambientes abertos, desprovidos de vegetação (Silvestre et al. 2003; Morini et al. 2007). Por outro lado, espécies mais raras nas amostras como *Labidus praedator* (F. Smith, 1858), *Camponotus hedwigae* Forel, 1912, *Pachycondyla marginata* (Roger, 1861), *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804) e *Pseudomyrmex schuppi* (Forel, 1901), tiveram ocorrências exclusivamente nas áreas verdes ou nos ambientes escolares e podem estar em situação de maior risco de desaparecerem localmente já que são formigas que dependem da vegetação ou de serrapilheira para a construção dos seus ninhos e para a obtenção de suas fontes de alimento (Silvestre et al. 2003).

Somente as áreas verdes, ambientes escolares e centros de reciclagem apresentaram espécies dominantes. Espécies generalistas como algumas pertencentes aos gêneros *Pheidole*, *Nylanderia* e *Dorymyrmex* (Silvestre et al. 2003) possuem características biológicas e ecológicas que favorecem a exploração de ambientes antropizados. Essas espécies não

encontram limitações para a obtenção de fontes de nutrientes e de locais para nidificação nesses ambientes (Fowler et al. 1994). A condição de dominância observada nas áreas verdes e, especialmente nas escolas e nos centros de reciclagem, permite inferir que os ambientes sob maior perturbação antrópica favorecem a colonização por espécies tolerantes.

Apesar da ocorrência de algumas espécies exclusivamente nas áreas verdes ou nos ambientes escolares, as diferenças de riquezas entre as quatro assembleias não se relacionam com a substituição de espécies de um tipo de ambiente para outro (diversidade  $\beta$ ) e sim com perdas de espécies ao longo do gradiente. Maior riqueza é encontrada em ambientes mais conservados, porém apenas espécies resistentes podem se manter em ambientes em condições mais restritivas (Townsend et al. 2003). Assim, é esperado que a fauna presente no extremo mais restritivo do gradiente seja constituída por uma fração daquelas espécies existentes no ambiente menos restritivo. Dentre os gêneros que se destacaram pela riqueza no estudo e que sofreram as maiores perdas de espécies ao longo do gradiente foram *Pachycondyla* (100%), *Pseudomyrmex* (100%), *Crematogaster* (87,5%) e *Camponotus* (60%). *Azteca*, *Cephalotes*, *Cyphomyrmex*, *Hopoponera* e *Procryptocerus* também tiveram perdas de 100% embora suas riquezas tenham sido menores (entre três e quatro espécies cada). As perdas de espécies em gêneros reconhecidos pela sua dependência de ambientes mais conservados corroboram Baselga (2010) que afirma que o padrão de aninhamento ocorre em função de uma perda não aleatória de espécies.

As espécies de formigas dos gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* são descritas como generalistas e oportunistas que dominam a fonte de alimento (Silvestre & Silva 2001). Seus valores de indicação podem estar associados às técnicas de amostragem (iscas) aplicadas onde foram coletadas com muita frequência. A associação de espécies como *G. striatula*, *P. striata*, *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855) e *Crematogaster magnifica* Santschi, 1925 com o ambiente dos fragmentos florestais pode ser explicado pela ecologia (alimentação e nidificação) dessas espécies que está associada à vegetação e ao solo em melhores condições de conservação (Silvestre et al. 2003).

Formigas do gênero *Camponotus* possuem tamanho médio a grande, são onívoras na maioria e nidificam em troncos podres, na vegetação ou mesmo no solo (Silvestre & Silva 2001) e são frequentemente encontradas em áreas abertas (Iop et al. 2009). Estes hábitos podem ajudar a explicar a associação de *Camponotus crassus* Mayr, 1862 e *Camponotus melanoticus* Emery, 1894 como indicadoras nas áreas verdes e *C. mus* nas escolas. A associação de *N. fulva* como indicadora nas escolas pode ser explicada pela tolerância desta às perturbações antrópicas. Esta espécie é descrita como invasora, com distribuição cosmopolita.

A mais recente lista de formigas descritas para o estado de Santa Catarina (Ulysséa et al. 2011) relata a ocorrência de 207 espécies para a região onde o presente estudo foi realizado. Contudo, esta lista é o resultado de mais de seis décadas de pesquisas que utilizaram um conjunto amplo de técnicas de amostragem em diferentes substratos. O número de 130 espécies com ocorrência em pequenos fragmentos florestais inseridos em áreas urbanas proporciona uma ideia da fração da fauna de formigas que está encontrando nicho de sobrevivência neste tipo de ambiente. Nesse contexto, fragmentos de vegetação nativa e áreas verdes remanescentes de loteamentos tornam-se de fundamental interesse para a conservação das espécies (Silva et al. 2009), uma vez que esses ambientes podem ser reservatórios para o repovoamento de outros ambientes.

É preciso destacar a ocorrência das 81 espécies nos ambientes escolares e as 46 nos centros de reciclagem para a conservação da mirmecofauna em áreas urbanas. Apesar da perda de espécies em relação aos ambientes mais conservados, as escolas abrigam uma riqueza importante que incluiu a maioria dos gêneros e subfamílias amostrados no estudo. Todos os gêneros de formigas com ocorrência nos centros de reciclagem possuem espécies caracterizadas pela tolerância a ambientes abertos e sob perturbação antrópica (Silvestre et al. 2003). *Dorymyrmex*, *Linepithema*, *Monomorium*, *Nylanderia*, *Paratrechina*, *Pheidole*, *Solenopsis* e *Wasmannia* possuem espécies descritas como invasoras, tolerantes às perturbações ambientais e frequentemente encontradas em ambientes urbanos. *Camponotus*, *Acromyrmex* e *Crematogaster* se associam com a vegetação e a ocorrência de espécies destes gêneros nos centros de reciclagem pode indicar que estas espécies estão incluindo estes ambientes na sua área de forrageio.

Neste estudo, foram encontradas variações significativas de riqueza e de abundância de formigas no gradiente de perturbação antrópica avaliado mostrando uma tendência de redução desses parâmetros nos ambientes escolares e centros de reciclagem (mais antropizados) em relação aos fragmentos florestais e áreas verdes (menos antropizados). Os resultados demonstraram também uma tendência de aumento na dominância de espécies à medida que as ações antrópicas se intensificam, além de uma substituição das espécies mais abundantes ao longo do gradiente. Observou-se que as assembleias de formigas não se alteram em sua composição, mas que há uma perda importante de espécies de um ambiente para outro. Considerando a importância ecológica das formigas e a existência de uma diversidade de plantas e de outros animais que a presença das formigas permite suportar, os resultados podem contribuir para a implementação de programas de educação ambiental e de conservação de fragmentos florestais e de áreas verdes em áreas urbanas.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos para o desenvolvimento desta pesquisa. Ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) pela autorização número 24174-1 para a realização das amostragens. Aos proprietários das áreas particulares e aos gestores das áreas verdes, escolas e dos centros de reciclagem pela permissão das coletas. À bióloga Gisele Najjar Porto pelo auxílio nas atividades de coleta, acondicionamento e triagem das formigas amostradas.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-NETO, M; P GUIMARÃES; PR GUIMARÃES; RD LOYOLA & W ULRICH. 2008. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. *Oikos* **117**:1227-1239.
- ALONSO, LE & D AGOSTI. 2000. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. [Capítulo 1] Pp. 1–8 em: D AGOSTI; JD MAJER; LE ALONSO & TR SCHULTZ, (eds). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution. Washington. 280pp.
- ATMAR, W & BD PATTERSON. 1993. The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia* **96**:373-382.
- BASELGA, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* **19**:134–143.
- BESTELMEYER, BT; D AGOSTI; LE ALONSO; CRF BRANDÃO; WL BROWN JR; JHC DELABIE & R SILVESTRE. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants. [Capítulo 9] Pp. 122-144 em: D AGOSTI; JD MAJER; LE ALONSO & TR SCHULTZ, (eds). *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution. Washington. 280pp.
- BUZCKOWSKI, G & DS RICHMOND. 2012. The effect of urbanization on ant abundance and diversity: a temporal examination of factors affecting biodiversity. *PLOS ONE* **7**:e41729.
- CONNOR, EF; J HAFERNIK; VL MOORE & JK RICKMAN. 2002. Insect conservation in an urban biodiversity hotspot: the San Francisco Bay area. *Journal of Insect Conservation* **6**:247-259.



- DÁTILLO, W; N SIBINEL; JCF FALCÃO & RV NUNES. 2011. Mirmecofauna em um fragmento de floresta atlântica urbana no município de Marília, SP, Brasil. *Bioscience Journal* **27**: 494-504.
- DIAMOND, J. 2012. *Colapso*. 8ª. Edição. Editora Record. Rio de Janeiro, 699pp.
- DUFRENE, M & P LEGENDRE. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* **67**: 345-366.
- FOWLER, HG; MN SCHLINDWEIN & MA MEDEIROS. 1994. Exotic ants and community simplification in Brazil: a review of the impact of exotic ants on native ant assemblages. Pp. 151-162 em: DF Williams, (ed). *Exotic ants: Biology, Impact, and Control of Introduced species*. Boulder Westview Press, 352pp.
- GOTELLI, NJ & GL ENTSMINGER. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Versão 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesity-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. (último acesso 17/03/2013).
- GOTELLI, NJ & RK COLWELL. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* **4**:379-391.
- HAMMER, O; DAT HARPER & PD RIAN. 2001. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. Versão. 1.37. <[http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)>. (último acesso 21/11/2013).
- HÖLLDOBLER, B & EO WILSON. 1990. *The ants*. Cambridge: Belknap, Harvard University Press, 732pp.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). 2010. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. (último acesso 19/11/2013).
- IOP, S; VM CALDART; JA LUTINSKI & FRM GARCIA. 2009. Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* **22**:55-64.
- LÓPEZ-MORENO, IR; ME DIAZ-BETANCOURT & TS LANDA. 2003. Insectos sociales en ambientes antropizados: las hormigas de la ciudad de Coatepec, Veracruz, México. *Sociobiology* **42**:605-622.
- LUTINSKI, JA; CJ LUTINSKI; S IOP & FRM GARCIA. 2013a. Evaluation of an ant sampling protocol (Hymenoptera: Formicidae) in three modified environments located inside an austral Atlantic Forest area of Brazil. *Ecología Austral* **23**:37-43.
- LUTINSKI, JA; BC LOPES & ABB MORAIS. 2013b. Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. *Biota Neotropica* **13**:1-12.
- LUTINSKI, JA & MF SOUZA. 2009. Avaliação do sistema de coleta de resíduos recicláveis realizado por catadores e suas implicações sociais, econômicas, ambientais e sanitárias na

- cidade de Chapecó – SC. Monografia de Pós Graduação em Biotecnologia e Energias Alternativas, FAISA. 56pp.
- MCCUNE, B & MJ MEFFORD. 2006. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. MjM Software, Gleneden Beach, Ore.
- MCKINNEY, ML. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* **52**(10):883–890.
- MELO, AS; RAS PEREIRA; AJ SANTOS; GJ SHEPHERD; G MACHADO; HF MEDEIROS & RJ SAWAYA. 2003. Comparing species richness among assemblages using sample units: why not use extrapolation methods to standardize different sample sizes? *Oikos* **101**:398-410.
- MORINI, MSC; CB MUNHAE; R LEUNG; DF CANDIANI & JC VOLTOLINI. 2007. Comunidades de formigas (Hymenoptera, Formicidae) em fragmentos de Mata Atlântica situados em áreas urbanizadas. *Iheringia, Série Zoologia* **97**:246-252.
- NOVOTNÝ, V & Y BASSET. 2000. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* **89**:564-572.
- OLIVEIRA, MF & AEC CAMPOS-FARINHA. 2005. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. *Arquivos do Instituto Biológico* **72**:33-39.
- PACHECO, R & HL VASCONCELOS. 2007. Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. *Landscape and Urban Planning* **81**:193–199.
- PIANKA, E. 1994. *Evolutionary ecology*. New York: Harper Collins College Publishers, 484pp.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <http://www.R-project.org>. (último acesso 20/10/2011).
- RICKLEFS, RE. 2001. *A Economia da Natureza*. Editora Guanabara, 572pp.
- SANFORD, MP; PN MANLEY & DD MURPHY. 2008. Effects of urban development on ant communities: implications for ecosystem services and management. *Conservation Biology* **23**:131-141.
- SARMIENTO, CE. 2003. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. [Capítulo 12] Pp. 201-210 em: F FERNÁNDEZ (ed.) *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 424pp.

- SILVA, RS; DMN PASSOS & AC REZENDE. 2009. Biogeografia urbana: estudo de comunidades de formigas nos parques municipais de Belo Horizonte – MG. Anais do III Congresso Latino Americano de Ecologia, 10 a 13 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.
- SILVESTRE R; CRF BRANDÃO & RR SILVA. 2003. Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del cerrado. [Capítulo 7] Pp. 159-166 em: F FERNÁNDEZ (ed.) *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 424pp.
- SILVESTRE, R & RR SILVA. 2001. Guildas de formigas da estação ecológica do Jataí, Luiz Antônio – SP – sugestões para a aplicação do modelo de guildas como bio-indicadores ambientais. *Biotemas*, **14**: 37-69.
- STRINGER, LD; AEA STEPHENS; DM SUCKLING & JG CHARLES. 2009. Ant dominance in urban areas. *Urban Ecosystems* **12**:503-514.
- TOENNISSON, TA; NJ SANDERS; WE KLINGEMAN & KM VAIL. 2011. Influences on the structure of suburban ant (Hymenoptera: Formicidae) communities and the abundance of *Tapinoma sessile*. *Environmental Entomology* **40**:1397-1404.
- TOWNSEND, CR; M BEGON & JL HARPER. 2003. Fundamentos em ecologia. Artmed, Porto Alegre. 592pp.
- TUKEY, JW. 1977. *Exploratory Data Analysis*. Addison Wesley Longman Inc. 688pp.
- ULRICH, W; M ALMEIDA-NETO & NJ GOTELLI. 2009. A consumer's guide to nestedness analysis. *Oikos* **118**:3-17.
- ULYSSÉA, MA; CE CERETO; FB ROSUMEK; RR SILVA & BC LOPES. 2011. Updated list of ant species (Hymenoptera, Formicidae) recorded in Santa Catarina State, southern Brazil, with a discussion of research advances and priorities. *Revista Brasileira de Entomologia* **55**:603–611.

## INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES

**Tabela S1.** Coordenadas geográficas, população urbana (Pop. urb.) e número de réplicas de quatro ambientes (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escolas: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, Sul do Brasil, onde o estudo foi conduzido (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

Cidades	Coordenadas	Pop. urb. *	Floresta	Verde	Escola	Reciclagem
Abelardo Luz	26° 33' 58" S e 52° 19' 40" W	9.570	3	3	3	1
Campo Erê	26° 23' 39" S e 53° 04' 44" W	6.252	3	3	3	2
Chapecó	27° 05' 51" S e 52° 38' 31" W	168.113	3	3	3	3
Concórdia	27° 13' 32" S e 52° 01' 14" W	54.865	3	3	3	2
Joaçaba	27° 10' 01" S e 51° 29' 48" W	24.924	3	3	3	2
Palmitos	27° 04' 06" S e 53° 09' 46" W	9.871	3	3	3	2
Pinhalzinho	26° 50' 53" S e 52° 59' 20" W	13.615	3	3	3	2
São Miguel do Oeste	26° 43' 32" S e 53° 30' 59" W	32.065	3	3	3	2
Seara	27° 08' 57" S e 52° 18' 39" W	11.586	3	3	3	0
Xanxerê	26° 52' 38" S e 52° 24' 18" W	39.143	3	3	3	3
<b>Total</b>	—	—	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>19</b>

\* IBGE (2010).

**Tabela S2.** Lista das espécies de formigas com suas respectivas ocorrências em quatro ambientes: (Floresta: fragmentos florestais; Verde: áreas verdes; Escola: ambientes escolares; Reciclagem: centros de reciclagem) de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).

<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<b>Subfamília Cerapachyinae</b>				
<b>Tribo Acanthostichini</b>				
<i>Acanthostichus quadratus</i> Emer, 1895	1			
<b>Subfamília Dolichoderinae</b>				
<b>Tribo Dolichoderini</b>				
<i>Azteca instabilis</i> (F. Smith, 1862)	1			
<i>Azteca muelleri</i> Emery, 1893	1			
<i>Dorymyrmex brunneus</i> Forel, 1908	26	109	135	91
<i>Dorymyrmex pyramicus</i> (Roger, 1863)	6	24	42	20
<i>Dorymyrmex</i> sp.	1			
<i>Linepithema angulatum</i> (Emery, 1894)	1			
<i>Linepithema gallardoi</i> Kusnezov, 1969	35	15	7	3
<i>Linepithema humile</i> (Mayr, 1868)	73	50	89	14
<i>Linepithema iniquum</i> (Mayr, 1870)	15	23	16	5
<i>Linepithema leucomelas</i> (Emery, 1894)	6	5		1
<i>Linepithema micans</i> (Forel, 1908)	13	2	6	1
<i>Tapinoma melanocephalum</i> (Fabricius, 1793)	28	6	12	2
<b>Subfamília Ecitoninae</b>				
<b>Tribo Ecitonini</b>				
<i>Eciton quadriglume</i> (Haliday, 1836)	1			
<i>Labidus praedator</i> (F. Smith, 1858)		1		
<b>Subfamília Ectatomminae</b>				
<b>Tribo Ectatommini</b>				
<i>Ectatomma edentatum</i> Roger, 1863	1		2	
<i>Gnamptogenys striatula</i> Mayr, 1884	57			
<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, 1858)	1	2		
<b>Subfamília Formicinae</b>				
<b>Tribo Camponotini</b>				

<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<i>Camponotus (Myrmaphaenus) blandus</i> (F. Smith, 1858)	1	1		
<i>Camponotus (Myrmaphaenus) cameranoi</i> Emery, 1894	8	9	9	
<i>Camponotus (M.) fastigatus</i> Roger, 1863	35	50	47	4
<i>Camponotus (M.) novogranadensis</i> Mayr, 1870	3	1		
<i>Camponotus (M.) personatus</i> Emery, 1894	4	15	5	2
<i>Camponotus (Myrmepomis) sericeiventris</i> (G.-Ménéville, 1838)	2	5	2	
<i>Camponotus (Myrmobrachys) crassus</i> Mayr, 1862	22	61	37	5
<i>Camponotus (M.) mus</i> Roger, 1863	55	92	103	26
<i>Camponotus (Myrmocladoecus) hedwigae</i> Forel, 1912		1		
<i>Camponotus (Myrmosphincta) sexguttatus</i> (Fabricius, 1793)	1		2	
<i>Camponotus (Myrmothrix) atriceps</i> (F. Smith, 1858)	4			
<i>Camponotus (M.) cingulatus</i> Mayr, 1862	2	4	1	
<i>Camponotus (M.) rufipes</i> (Fabricius, 1775)	215	104	64	24
<i>Camponotus (Pseudocolobopsis) alboannulatus</i> Mayr, 1887	1	1		
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) lespesii</i> Forel, 1886	4	10	4	
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) melanoticus</i> Emery, 1894	41	89	52	3
<i>Camponotus (T.) punctulatus</i> Mayr, 1868	33	39	56	9
<i>Camponotus</i> sp. 1	2	10	6	
<i>Camponotus</i> sp. 2	1	1		
<i>Camponotus</i> sp. 3	13	10	6	2
<i>Camponotus</i> sp. 4	2	3	1	
<b>Tribo Myrmelachistini</b>				
<i>Myrmelachista catharinae</i> Mayr, 1887	6	4		
<i>Myrmelachista catharinae maior</i> Santschi, 1936	2			
<i>Myrmelachista gagatina</i> Emery, 1894	3	4	1	
<i>Myrmelachista reticulata</i> Borgmeier, 1928	2			
<b>Tribo Plagiolepidini</b>				
<i>Brachymyrmex (Brachymyrmex) aphidicola</i> (Forel, 1909)	11	12	2	
<i>Brachymyrmex (B.) coactus</i> Mayr, 1887	36	57	58	41
<i>Brachymyrmex (B. cordemoyi</i> Forel, 1895	14	2	1	1

<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<i>Brachymyrmex (Brysha) pilipes</i> Mayr, 1887	4	1		
<i>Brachymyrmex</i> sp.	2	1		
<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	78	149	263	79
<i>Nylanderia</i> sp.	7	13	8	6
<i>Paratrechina longicornis</i> (Latreille, 1802)	8	14		2
<b>Subfamília Heteroponerinae</b>				
<b>Tribo Heteroponerini</b>				
<i>Heteroponera flava</i> Kempf, 1962	6	1		
<i>Heteroponera inermis</i> (Emery, 1894)	5			
<b>Subfamília Myrmicinae</b>				
<b>Tribo Attini</b>				
<i>Acromyrmex (Acromyrmex) ambiguus</i> (Emery, 1888)	20	24	18	2
<i>Acromyrmex (A.) aspersus</i> (F. Smith, 1858)	9	8	7	
<i>Acromyrmex (A.) disciger</i> (Mayr, 1887)	9	6	6	
<i>Acromyrmex (A.) lundii</i> (Guérin-Méneville, 1838)	19	19	17	2
<i>Acromyrmex (A.) niger</i> (F. Smith, 1858)	6	9	7	1
<i>Acromyrmex (A.) rugosus</i> (F. Smith, 1858)	1			
<i>Acromyrmex (A.) subterraneus</i> (Forel, 1893)	17	24	13	
<i>Apterostigma mayri</i> Forel, 1893	1			
<i>Apterostigma pilosum</i> Mayr, 1865	2	1	1	
<i>Apterostigma wasmannii</i> Forel, 1892	11			
<i>Atta (Neoatta) sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	9	2	5	
<i>Atta</i> sp.	4	2	1	
<i>Cyphomyrmex plaumanni</i> Kempf, 1962	4			
<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola, 1853)	4	23	6	
<i>Cyphomyrmex strigatus</i> Mayr, 1887	2	2		
<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	8	7	3	
<b>Tribo Blepharidattini</b>				
<i>Wasmannia affinis</i> Santschi, 1929	1		1	
<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	28	55	22	10
<b>Tribo Cephalotini</b>				
<i>Cephalotes angustus</i> (Mayr, 1862)	1			

<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<i>Cephalotes pinelii</i> (Guérin-Méneville, 1844)	3			
<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)	9	16	2	
<i>Procryptocerus adlerzi</i> (Mayr, 1887)	6			
<i>Procryptocerus convergens</i> (Mayr, 1887)	6			
<i>Procryptocerus goeldii</i> Forel, 1899	3			
<b>Tribo Crematogastrini</b>				
<i>Crematogaster (Eucrema) acuta</i> (Fabricius, 1804)	12	15	3	3
<i>Crematogaster (E.) bingo</i> Forel, 1908	27	7	4	
<i>Crematogaster (Neocrema) corticicola</i> Mayr, 1887	2	3		
<i>Crematogaster (N.) magnifica</i> Santschi, 1925	24	8	1	
<i>Crematogaster (Orthocrema) curvispinosa</i> Mayr, 1862	3	3		
<i>Crematogaster</i> sp. 1	21	75	64	18
<i>Crematogaster</i> sp. 2	21	19	4	
<i>Crematogaster</i> sp. 3	19	17	5	
<b>Tribo Dacetini</b>				
<i>Basiceros (Eurhopalothrix) convexiceps</i> (Mayr, 1887)	1			
<i>Strumigenys cultrigera</i> Mayr, 1887	1	1		
<b>Tribo Formicoxenini</b>				
<i>Cardiocondyla nuda</i> (Mayr, 1866)	3	3	2	
<i>Nesomyrmex</i> sp.		2		
<b>Tribo Myrmicini</b>				
<i>Pogonomyrmex angustus</i> Mayr, 1870	11	16	21	
<i>Pogonomyrmex naegelii</i> Forel, 1878	2			
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 1	7			
<i>Pogonomyrmex</i> sp. 2				
<b>Tribo Pheidolini</b>				
<i>Pheidole (Elasmopheidole) aberrans</i> Mayr, 1868	1		1	
<i>Pheidole (Pheidole) brevicona</i> Mayr, 1887	8	6	8	2
<i>Pheidole (P.) dyctiota</i> Kempf, 1972	168	322	278	125
<i>Pheidole (P.) laevifrons</i> Mayr, 1887	20	49	81	10
<i>Pheidole (P.) lignicola</i> Mayr, 1887	85	64	32	14
<i>Pheidole (P.) megacephala</i> (Fabricius, 1793)		1	1	



<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<i>Pheidole (P.) pubiventris</i> Mayr, 1887	228	277	235	65
<i>Pheidole (P.) punctatissima</i> Mayr, 1870	72	47	35	14
<i>Pheidole (P.) risii</i> Forel, 1892	5	1	2	
<i>Pheidole (P.) tristis</i> (F. Smith, 1858)	280	117	72	18
<i>Pheidole</i> sp. 1	44	23	25	10
<i>Pheidole</i> sp. 2	11			
<i>Pheidole</i> sp. 3	3	1		21
<i>Pheidole</i> sp. 4	38	15	7	2
<i>Pheidole</i> sp. 5	39	34	27	4
<b>Tribo Solenopsidini</b>				
<i>Monomorium floricola</i> (Jerdon, 1851)		1	1	1
<i>Monomorium pharaonis</i> (Linnaeus, 1758)		2		
<i>Solenopsis invicta</i> Buren, 1972	29	80	94	30
<i>Solenopsis saevissima</i> (F. Smith, 1855)	12	55	59	27
<i>Solenopsis schmalzi</i> Forel, 1901	2		1	
<i>Solenopsis stricta</i> Emery, 1896	72	23	20	4
<i>Solenopsis</i> sp. 1	30	51	63	46
<i>Solenopsis</i> sp. 2	47	6	9	3
<i>Solenopsis</i> sp. 3	1		2	1
<i>Solenopsis</i> sp. 4	101	26	33	30
<i>Solenopsis</i> sp. 5		3	3	
<i>Solenopsis</i> sp. 6	2	3		
<b>Subfamília Ponerinae</b>				
<b>Tribo Ponerini</b>				
<i>Dinoponera australis</i> Emery, 1901	3	2		
<i>Hypoconera distinguenda</i> (Emery, 1890)	2			
<i>Hypoconera opaciceps</i> (Mayr, 1887)	1			
<i>Hypoconera trigona</i> (Mayr, 1887)	5			
<i>Hypoconera</i> sp.	1			
<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)	25	9	1	
<i>Pachycondyla crenata</i> (Roger, 1858)	8			
<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	12	1		

<b>Táxon</b>	<b>Floresta</b>	<b>Verde</b>	<b>Escola</b>	<b>Reciclagem</b>
<i>Pachycondyla marginata</i> (Roger, 1861)		1		
<i>Pachycondyla striata</i> F. Smith, 1858	114	89	17	
<i>Pachycondyla villosa</i> (Fabricius, 1804)	5	1		
<i>Pachycondyla</i> sp.	4	1		
<b>Subfamília Pseudomyrmecinae</b>				
<b>Tribo Pseudomyrmecini</b>				
<i>Pseudomyrmex flavidulus</i> (F. Smith, 1858)	7	12	1	
<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)		1		
<i>Pseudomyrmex phyllophilus</i> (F. Smith, 1858)	1			
<i>Pseudomyrmex schuppi</i> (Forel, 1901)		1		
<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (F. Smith, 1855)	52	19	10	
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	48	22	13	
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	21	12	3	
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 3	2	4	1	
<b>Total de ocorrências</b>	<b>2848</b>	<b>2750</b>	<b>2385</b>	<b>804</b>

**ARTIGO 3**

---

Efeitos Microclimáticos e Temporais sobre a Assembleia de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) de Áreas Urbanas do Oeste de Santa Catarina

JA LUTINSKI<sup>1</sup>, GN PORTO<sup>2</sup>, BC LOPES<sup>3</sup>, ABB MORAIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univ Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Univ Comunitária da Região de Chapecó, Depto de Ciências Agro-ambientais, Chapecó, SC, Brasil.

<sup>3</sup>Univ Federal de Santa Catarina, Depto de Ecologia e Zoologia, Florianópolis, SC, Brasil.

Efeitos Microclimáticos sobre Comunidades de Formigas

## Resumo

O estudo da variação temporal da riqueza e da abundância dos organismos que ocorrem em função das variações climáticas é crucial para descrever as alterações das comunidades a longo prazo. As formigas possuem características biológicas e ecológicas que destacam a necessidade do estudo dos fatores responsáveis pelas variações na distribuição e abundância das espécies. Neste estudo testamos se a riqueza, abundância e a composição das assembleias de formigas de ambientes urbanos variam em função período do ano em que são amostradas e se há influência de fatores microclimáticos sobre as assembleias de formigas em ambientes de áreas urbanas. Foram avaliadas as amostras de formigas de três tipos de ambientes de dez cidades do oeste do estado de Santa Catarina, sul do Brasil: 30 fragmentos florestais, 30 áreas verdes e 30 escolas. As amostragens resultaram em um total de 140 espécies e uma abundância de 7.986 registros. A amostragem realizada na primavera (outubro e novembro) resultou em uma riqueza 20% maior ( $S=132$ ) comparada à amostragem realizada no verão (fevereiro e março) ( $S=104$ ). A luminosidade e a umidade relativa foram as variáveis microclimáticas mais predominantes com influência sobre as assembleias de formigas nos três tipos de ambientes e nos dois períodos amostrais. Os resultados deste trabalho ampliam o entendimento sobre os fatores que regulam as atividades das formigas em ambientes de áreas urbanas e destacam a importância da conservação de ambientes que podem manter condições microclimáticas adequadas para a manutenção da mirmecofauna.

**Palavras-chave:** Áreas verdes, conservação, fragmentação florestal, Mata Atlântica, planejamento urbano.

## Introdução

A compreensão dos fatores abióticos que influenciam a distribuição e a abundância dos organismos nos seus ambientes naturais constitui um dos mais importantes objetivos dos estudos ecológicos (Levin 1992, Begon *et al* 2006). O entendimento sobre como esses fatores afetam as comunidades pode ajudar a elucidar a forma como estas se organizam no espaço e no tempo (Finn *et al* 1999). O estabelecimento de uma relação entre os determinantes ecológicos e a estrutura da comunidade ao longo de gradientes climáticos se torna um desafio, devido à interação de múltiplos fatores, tais como o grau de conservação do ambiente

(Ricklefs & Schluter 1993, Wittman *et al* 2010) e a composição regional das espécies (Cornell 1999).

O crescente interesse científico, governamental e público sobre o uso e a manutenção da diversidade biológica determina a necessidade do desenvolvimento de estudos comparativos nos diversos ecossistemas (Bestelmeyer & Wiens 2001, Mittermeier *et al* 2003, Philpott *et al* 2006). Essa demanda se destaca nos ambientes urbanos onde se verifica a intensificação das ações antrópicas sobre o ecossistema (McIntyre *et al* 2001) e onde a biodiversidade se encontra ameaçada (McKinney 2002). O processo de urbanização cria um mosaico heterogêneo de ambientes que consistem em áreas construídas, áreas em construção, áreas de recreação e fragmentos de ambientes naturais (McIntyre 2000). Este processo altera a disponibilidade de recursos tais como locais para nidificação e forrageamento. Também altera as condições de microclima como umidade, temperatura e sombreamento e, por consequência, a estrutura das comunidades (Levings & Windsor 1984, Kaspari 1996, Campos *et al* 2003, Pacheco *et al* 2009).

As formigas possuem características biológicas e ecológicas que as permitem exercer um papel importante na maioria dos ecossistemas terrestres (Hölldobler & Wilson 1990). A distribuição espacial e temporal das assembleias de formigas têm sido frequentemente associada a perturbações ambientais tais como a fragmentação florestal (Andersen 1995) e a conversão de ambientes naturais em áreas urbanas (McIntyre *et al* 2001). Nas áreas urbanas inseridas no Bioma Mata Atlântica, um crescente número de estudos têm focado na colonização por espécies invasoras (Oliveira & Campos-Farinha 2005, Iop *et al* 2009) e na associação com a cobertura vegetal (Pacheco & Vasconcelos 2007), mas carecem de associações com as variáveis climáticas e temporais.

Temperatura, umidade e luminosidade estão entre os principais fatores que determinam a atividade de forrageamento das formigas (Lighton & Feener 1989, Kaspari & Weiser, 2000). Alterações das condições microclimáticas que envolvem a temperatura e a umidade desencadeiam uma reorganização na hierarquia de dominância e competitividade na mirmecofauna (Perfecto & Vandermeer 1996, Lessard *et al* 2009). Altas temperaturas associadas com baixos níveis de umidade representam um risco de dessecação para muitas espécies e limitam o forrageamento daquelas menos tolerantes. A baixa temperatura é considerada o principal fator limitador da produtividade das colônias de formigas (Andersen 1995) assim como para o desenvolvimento de suas larvas e pupas (Wilson 1971). A luminosidade pode interagir com a temperatura e impactar o forrageamento de espécies fisiologicamente menos tolerantes (Wittman *et al* 2010).

Os estudos sobre formigas de ambientes situados em áreas urbanas ainda carecem de avaliações que enfatizem as influências dos fatores microclimáticos e temporais sobre as comunidades. No presente estudo procuramos avaliar 1) se a riqueza, abundância e a composição das assembleias de formigas de ambientes urbanos variam em função período do ano em que são amostradas e, 2) se há influência de fatores microclimáticos sobre as assembleias de formigas em ambientes de áreas urbanas.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

A pesquisa foi realizada em 10 cidades de pequeno e médio porte da região oeste do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Foram avaliadas as assembleias de formigas de três tipos de ambientes urbanos sendo, fragmentos florestais, áreas verdes e escolas. Para cada ambiente foram trinta réplicas, três em cada cidade. As fitofisionomias florestais predominantes na região fazem parte do bioma Mata Atlântica e são classificadas como Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecídua. O clima regional é do tipo superúmido mesotérmico subtropical úmido, sem estação seca definida, com geadas severas frequentes e com distribuição regular da pluviosidade (Köppen 1948).

### *Amostragem*

Foram realizadas duas campanhas de amostragens durante o ano de 2011, sendo uma no verão (fevereiro e março) e outra na primavera (outubro e novembro). A metodologia empregada foi o uso de dois tipos de isca de solo (sardinha e glicose) em dez repetições e uma hora de coleta manual em cada réplica por ocasião amostral. As iscas foram distribuídas ao longo de transectos paralelos e perpendiculares à margem externa obedecendo a uma distância de 10 metros entre si (Agosti & Alonso 2000, Bestelmeyer *et al* 2000, Sarmiento 2003). As amostragens manuais foram conduzidas usando pinça e hastes de algodão umedecidas em álcool e obedecendo a um percurso aleatório.

As formigas amostradas foram transportadas ao Laboratório de Entomologia da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ) para triagem. A identificação foi conduzida primeiramente no laboratório de Biologia de Formigas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil e, posteriormente, foi feita comparação dos exemplares coletados com a coleção de referência de formigas Neotropical do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP), SP, Brasil. A coleta foi aprovada e autorizada pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade

(SISBIO) (licença número 24.174). O material testemunho se encontra depositado na coleção entomológica do Laboratório de Entomologia da UNOCHAPECÓ, Chapecó, SC, Brasil.

Para maiores detalhes sobre a localização geográfica da região do estudo, caracterização dos ambientes amostrados, das técnicas de amostragem empregadas e dos procedimentos de identificação utilizadas neste estudo, ver Lutinski *et al* (2013).

Durante a realização das amostragens, foram mensuradas as variáveis microclimáticas de luminosidade, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento com uso de aparelho Termo-higro-anemômetro-luxímetro digital portátil, marca Instrutherm, modelo Thal-300. A mensuração das variáveis foi realizada sempre no início da amostragem em cada unidade amostral, a uma altura de 1,30 m em relação ao solo e em um ponto aproximadamente central do ambiente amostrado. As amostragens foram conduzidas no horário entre 08:00 e 17:00 h.

#### *Análise estatística*

A riqueza foi definida como o número de espécies de formigas que ocorreram em cada uma das unidades amostrais. A abundância foi definida com base na frequência (número de registros de uma dada espécie em cada isca ou na coleta manual) e não com base no número de indivíduos (Tavares *et al* 2008). O número de registros minimiza o efeito do comportamento de forrageamento e do tamanho das colônias e é mais apropriado para estudos de comunidades de formigas (Romero & Jaffe 1989).

Foi feita uma ordenação NMDS (*Non-metric Multidimensional Scaling*) para testar se a abundância e a composição das assembleias de formigas diferem em um mesmo tipo de ambiente quando amostradas em dois períodos ano, verão e primavera. A matriz dos dados foi previamente transformada em  $\text{Log}(x+1)$ , foi utilizado Bray-Curtis como índice de associação e a análise foi realizada com o programa estatístico Primer 6.1.9. (Clarke & Gorley 2005).

As associações das abundâncias das espécies de formigas de cada tipo de ambiente com as variáveis microclimáticas de temperatura, umidade relativa, luminosidade e velocidade do vento foram avaliadas a partir de Análises de Correspondência Canônica (CCA) usando o programa Canoco for Windows (Ter Braak & Smilauer 1998). Foram construídas duas análises para cada tipo de ambiente, cada uma correspondente a uma campanha de amostragem. Para cada análise, foram construídas duas matrizes, uma contendo a abundância de formigas das réplicas e a outra contendo as respectivas variáveis microclimáticas. Os valores da matriz das variáveis microclimáticas foram transformados em  $\text{Log}(x+1)$  e padronizados subtraindo o número de ocorrências de cada uma das espécies em

cada réplica pela média das ocorrências correspondente e dividindo esta diferença pelo desvio padrão.

A análise de CCA é influenciada pelos registros de espécies raras nas amostras e por este motivo recomenda-se que os táxons sejam amplamente amostrados ou retirados da análise (Ter Braak & Smilauer 2002). Considerando esta recomendação optou-se por retirar da análise todos os táxons com ocorrências menor ou igual a 10. Também optou-se por remover da análise todos os táxons com número de ocorrências superior a 100 já que estas espécies ocorreram de forma generalizada nas amostras. O resultado da CCA é representada por um diagrama tridimensional onde os pontos representam as amostras, os triângulos representam e os taxons e as setas expressam as variáveis ambientais. A significância estatística da relação entre todas as ocorrências de espécies e todas as variáveis microclimáticas foi verificada através do teste de permutação de Monte Carlo com 499 permutações (Ter Braak & Smilauer 2002, Izhaki *et al* 2009). As variáveis que não apresentaram significância ( $p > 0,05$ ) foram removidas das análises.

## Resultados

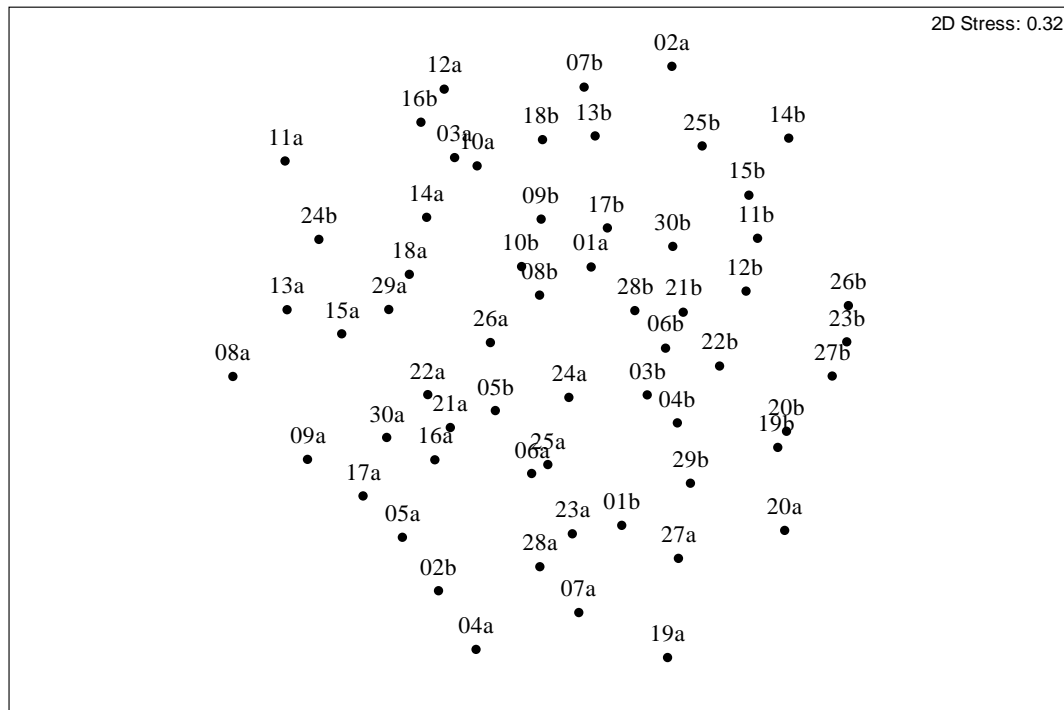
Ao todo, foram amostrados 120.825 espécimes de formigas relativas a 7.986 ocorrências. A riqueza total foi de 140 espécies. A campanha de amostragem realizada na primavera resultou em uma riqueza 20% maior ( $S=132$ ; 94,3%) comparada à campanha realizada no verão ( $S=104$ ; 74,3%). Esse acréscimo de riqueza na segunda campanha em relação à primeira foi observado nos três tipos de ambientes. Fragmentos florestais, áreas verdes e escolas apresentaram riquezas de 96, 79 e 62 espécies na primeira campanha e 118, 93 e 74, na segunda, respectivamente.

A subfamília mais rica nas duas campanhas (verão e primavera) foi Myrmicinae ( $S=51$  e 66) seguida por Formicinae ( $S=22$  e 33), Dolichoderinae ( $S=10$  e 10), Ponerinae ( $S=8$  e 11) e Pseudomyrmecinae ( $S=6$  e 6). Os gêneros mais ricos foram *Camponotus* Mayr, 1961 ( $S=13$  e 21), *Pheidole* Westwood, 1840 ( $S=12$  e 14), *Solenopsis* Westwood, 1840 ( $S=7$  e 10), *Crematogaster* Lund, 1831 ( $S=6$  e 8), *Acromyrmex* Mayr, 1853 ( $S=6$  e 7), *Pseudomyrmex* Lund, 1831 ( $S=6$  e 6), *Linepithema* Mayr, 1866 ( $S=5$  e 6), *Pachycondyla* Smith, 1858 ( $S=5$  e 5) e *Brachymyrmex* Mayr, 1868 ( $S=4$  e 5). Os gêneros *Azteca* Forel, 1878, *Eciton* Latreille, 1804 e *Labidus* Jurine, 1804 tiveram ocorrências somente na campanha realizada no verão enquanto *Acanthostichus* Mayr, 1887, *Basiceros* Schulz 1860 e *Monomorium* Mayr, 1855 foram registrados somente na campanha da primavera.

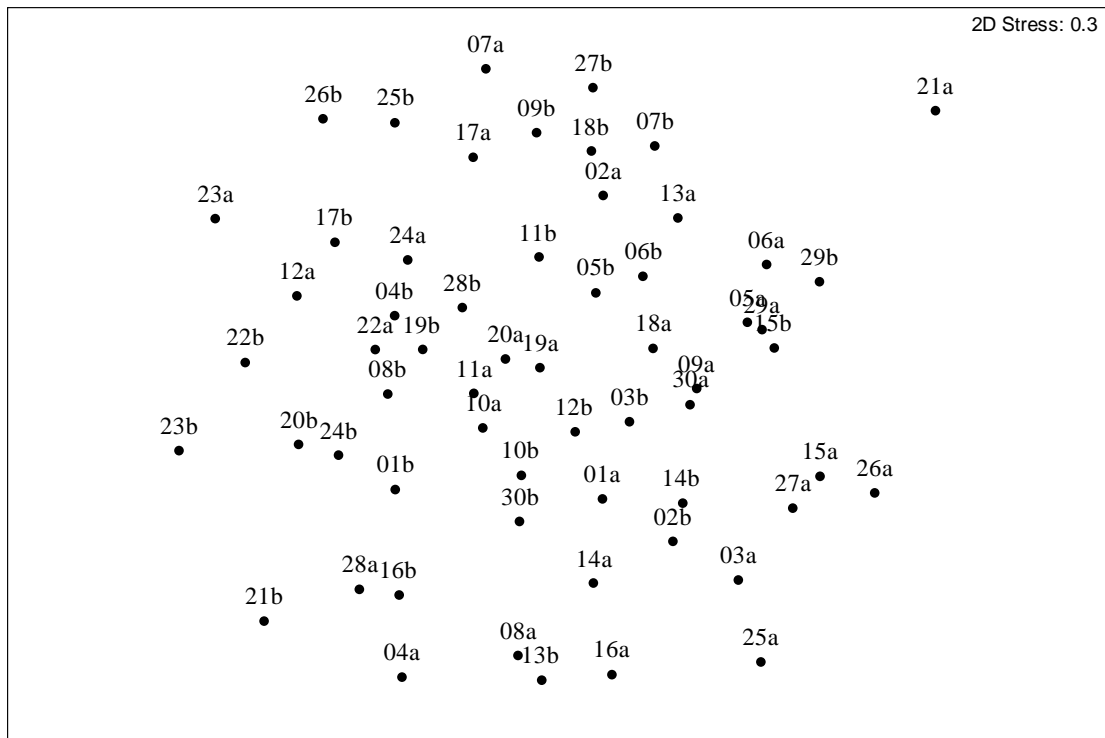


As assembleias de formigas dos três tipos de ambiente apresentaram abundância e composição de espécies similares nos dois períodos avaliados. A ordenação NMDS demonstrou que as réplicas das duas campanhas nos fragmentos florestais (Figura 1), áreas verdes (Figura 2) e nos ambientes escolares (Figura 3) não apresentaram diferenças importantes de abundância e composição de formigas quando amostrados no verão ou na primavera. A ordenação formou pequenos grupos das réplicas, contudo, similares com os demais.

As análises de correspondência canônica (CCA) apresentaram associação da assembleia de formigas dos fragmentos florestais com a luminosidade e umidade relativa na campanha realizada no verão (Figura 4) e umidade relativa e temperatura (Figura 5) na primavera. Nas áreas verdes, a assembleia de formigas apresentou associação com a luminosidade e umidade relativa nas duas campanhas (Figuras 6 e 7). Nas escolas, a luminosidade foi a variável microclimática significativa nas duas campanhas, acompanhada da velocidade do vento no verão (Figura 8) e da temperatura na primavera (Figura 9).

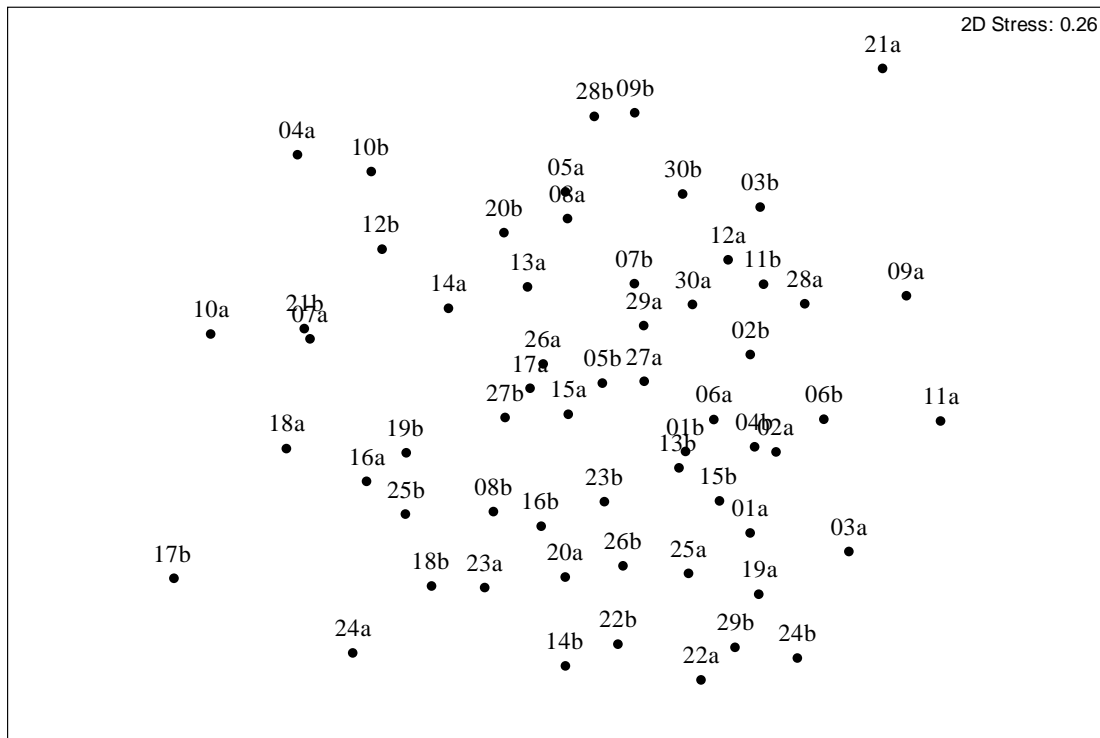


**Figura 1.** Análise de ordenação (NMDS) para a composição e abundância de formigas de duas amostras (fevereiro/março e outubro/novembro de 2011) realizadas em 30 fragmentos florestais de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, oeste do estado de Santa Catarina. Os números de 01 a 30 identificam os fragmentos florestais enquanto que as letras “a” e “b” indicam o primeiro e o segundo período de amostragem, respectivamente.



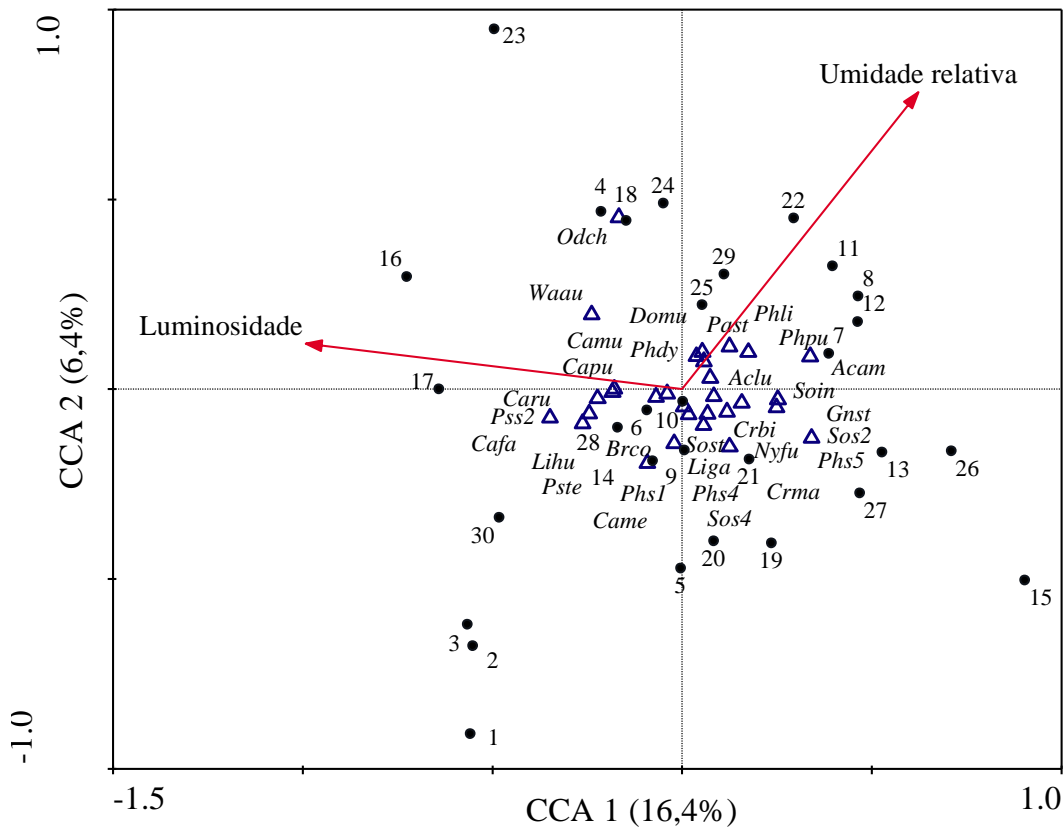
**Figura 2.** Análise de ordenação (NMDS) para a composição e abundância de formigas de duas amostras (fevereiro/março e outubro/novembro de 2011) realizadas em 30 áreas verdes de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, SC, oeste do estado de Santa Catarina. Os números de 01 a 30 identificam as áreas verdes enquanto que as letras “a” e “b” indicam o primeiro e o segundo período de amostragem, respectivamente.

O percentual da variação explicada pelas variáveis microclimáticas nos eixos 1 e 2 das CCAs foi semelhante nas duas campanhas, nos três tipos de ambiente. Na assembleia de formigas dos fragmentos florestais, o percentual explicado foi de 22,8% e 24,4%, no verão e na primavera, respectivamente. Nas áreas verdes estes percentuais foram de 26,1% e 26% enquanto nas escolas foram 21,4% e 24,4%. Os maiores coeficientes de correlação entre as espécies e as variáveis microclimáticas foram verificados na CCA correspondente à campanha do verão nos fragmentos florestais, 0,905 no eixo 1 e 0,793 no eixo 2. Os menores, 0,758 no eixo 1 e 0,697 no eixo 2, foram verificados na CCA correspondente à campanha da primavera nas escolas (Tabela 1).

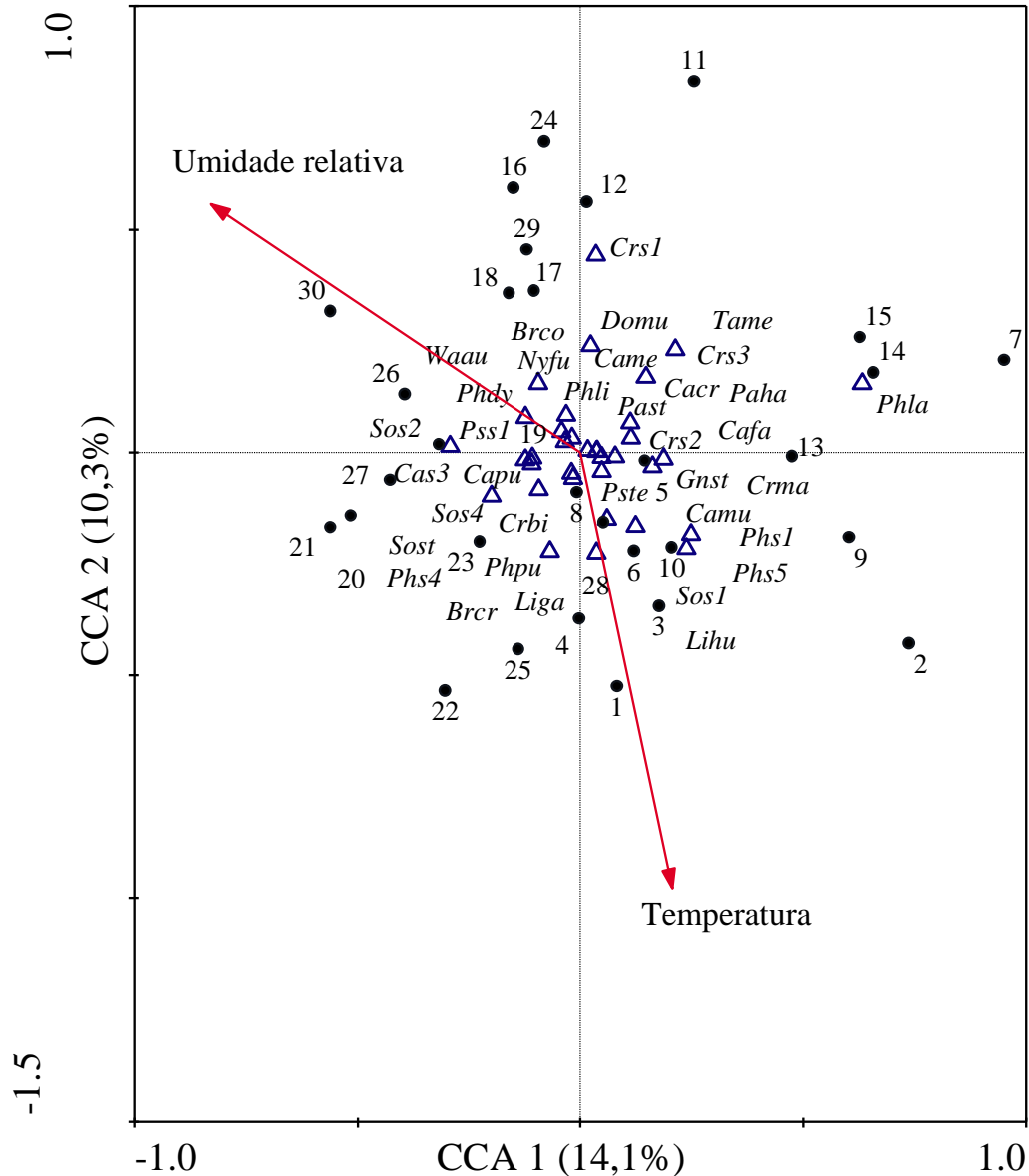


**Figura 3.** Análise de ordenação (NMDS) para a composição e abundância de formigas de duas amostras (fevereiro/março e outubro/novembro de 2011) realizadas em 30 escolas de dez cidades situadas no Bioma Mata Atlântica, oeste do estado de Santa Catarina. Os números de 01 a 30 identificam as escolas enquanto que as letras “a” e “b” indicam o primeiro e o segundo período de amostragem, respectivamente.

Foi verificada uma distribuição heterogênea das réplicas dos ambientes nos eixos 1 e 2 das CCAs. Como se pode verificar em todas as ordenações, enquanto algumas réplicas se correlacionaram com as variáveis microclimáticas, outras apareceram dispersas nas figuras. Já, as espécies apresentaram padrão de ordenação mais centralizado em todas as CCAs. Nos fragmentos florestais, destaca-se a correlação da espécie *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775) com a luminosidade e *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888) com a umidade relativa na campanha do verão. Na campanha da primavera, *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) apresentou maior correlação com a umidade relativa e *Linepithema humile* (Mayr, 1868) com a temperatura. Nas áreas verdes pode-se destacar a correlação de *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 com a luminosidade nas duas campanhas e *W. auropunctata* com a umidade relativa na campanha do verão. Nas escolas, se destaca a associação de *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887 e *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 com a luminosidade e de *Pogonomyrmex naegelii* Forel, 1878 com a temperatura.

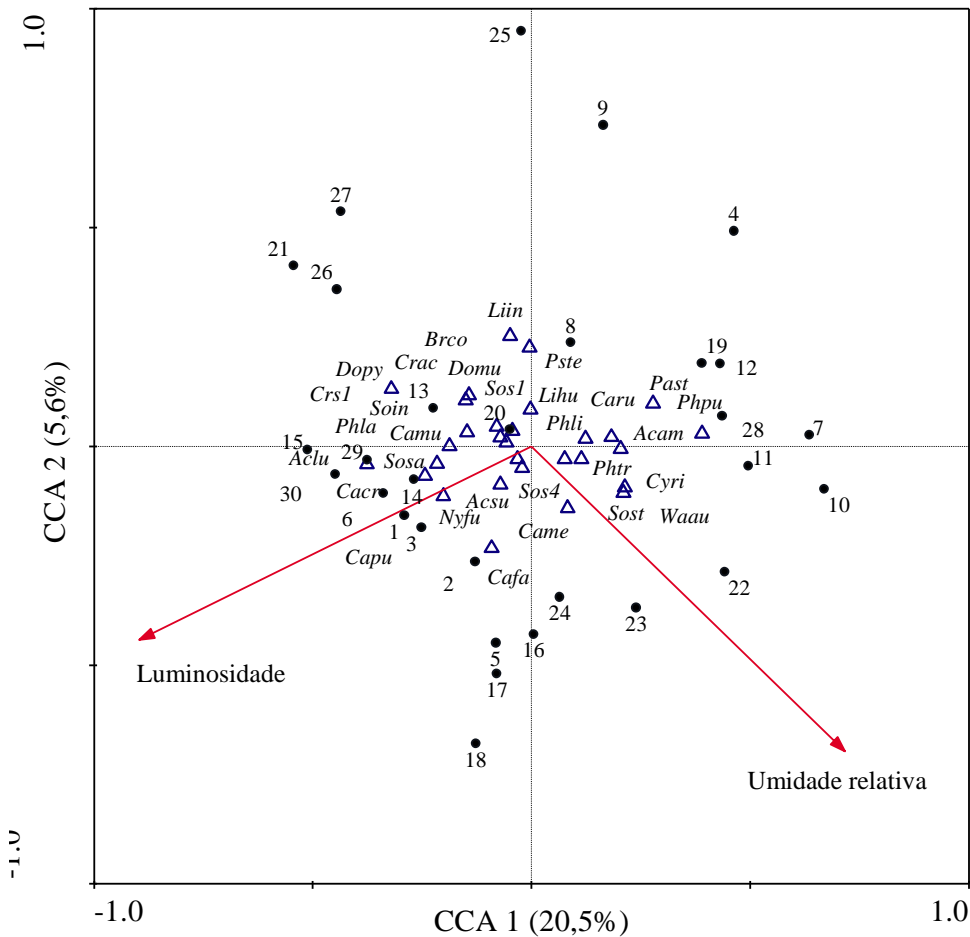


**Figura 4.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 fragmentos florestais ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (fevereiro/março de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex lundii* (Guérin-Méneville, 1838): *Aclu*; *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brcq*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafu*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster bingo* Forel, 1908: *Crbi*; *Crematogaster magnifica* Santschi, 1925: *Crma*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1884: *Gnst*; *Linepithema gallardoi* Kusnezov, 1969: *Liga*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Odontomachus chelifer* (Latreille, 1802): *Odch*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Post*; *Pheidole dyctiota* Kempf, 1972: *Phdy*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 4: *Phs4*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pseudomyrmex* sp. 2: *Pss2*; *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855): *Pste*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis* sp. 2: *Sos2*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waau*.



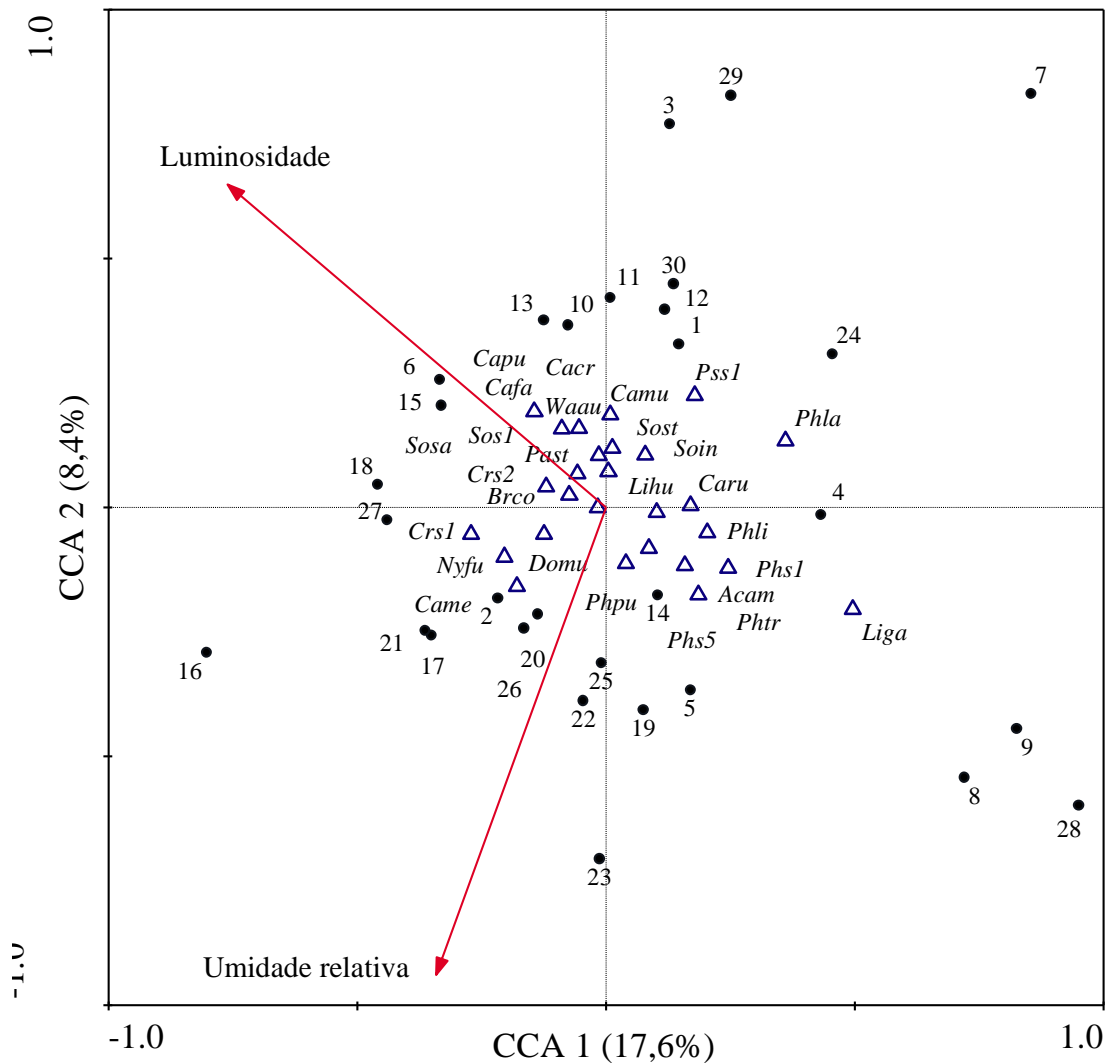
**Figura 5.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (temperatura e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 fragmentos florestais ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (novembro/dezembro de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Brachymyrmex cordemoyi* Forel, 1895: *Brcr*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus* sp. 3: *Cas3*; *Crematogaster bingo* Forel, 1908: *Crbi*; *Crematogaster magnifica* Santschi, 1925: *Crma*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Crematogaster* sp. 2: *Crs2*; *Crematogaster* sp. 3: *Crs3*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Gnamptogenys striatula* Mayr, 1884: *Gnst*; *Linepithema gallardoi* Kusnezov, 1969: *Liga*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Pachycondyla harpax* (Fabricius, 1804): *Paha*;

*Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Past*; *Pheidole dyctiota* Kempf, 1972: *Phdy*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 4: *Phs4*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pseudomyrmex* sp. 1: *Pss1*; *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855): *Pste*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 2: *Sos2*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793): *Tame*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waau*.



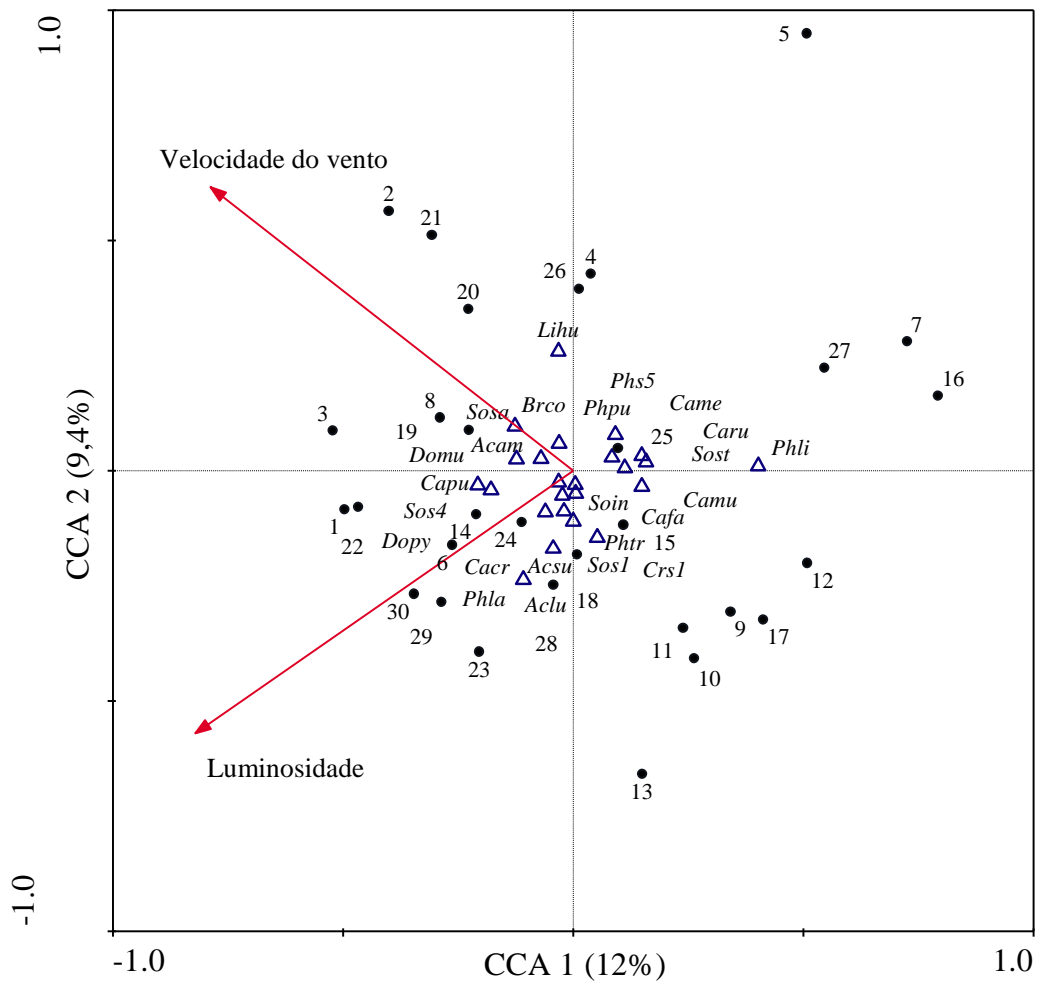
**Figura 6.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 áreas verdes ( $\bullet$ ) situadas em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (fevereiro/março de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Acromyrmex lundii* (Guérin-Méneville, 1838): *Aclu*; *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893): *Acsu*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster acuta* (Fabricius, 1804): *Crac*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Cyphomyrmex rimosus* (Spinola, 1853): *Cyri*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863): *Dopy*; *Linepithema*

*humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Linepithema iniquum* (Mayr, 1870): *Liin*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *ast*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Pseudomyrmex termitarius* (F. Smith, 1855): *Pste*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waaau*.



**Figura 7.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e umidade relativa) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 áreas verdes ( $\bullet$ ) situadas em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (novembro/dezembro de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Crematogaster* sp. 2: *Crs2*; *Dorymyrmex brunneus* Forel,

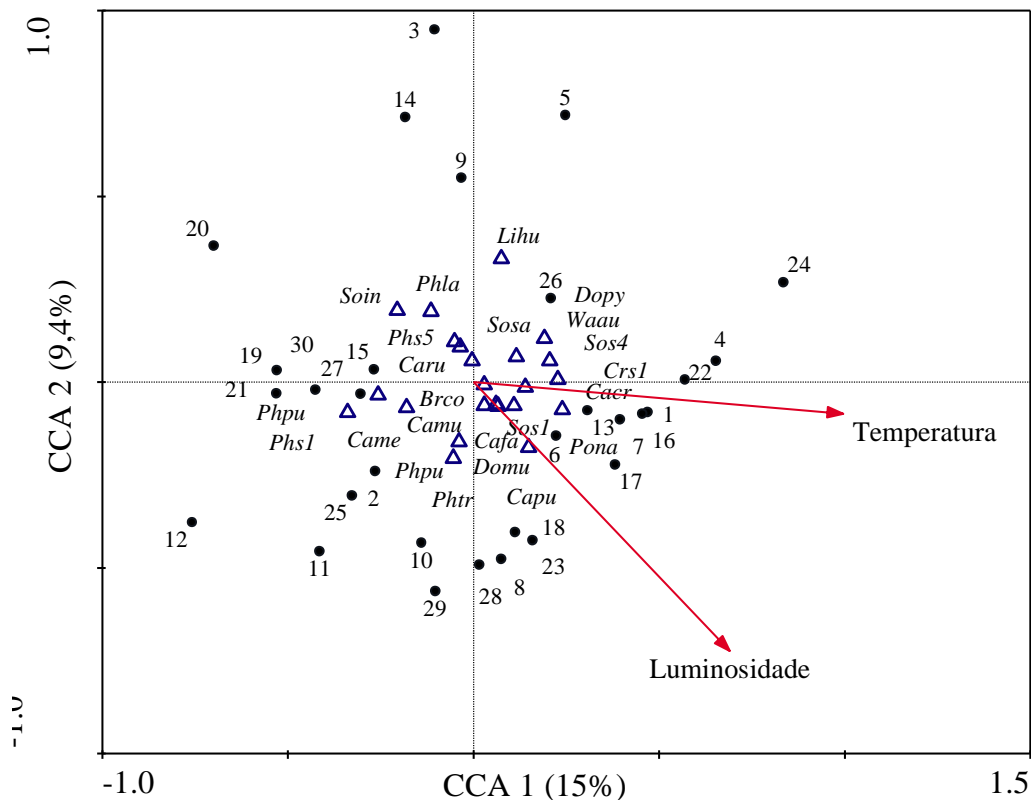
1908: *Domu*; *Linepithema gallardoi* Kusnezov, 1969: *Liga*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Nylanderia fulva* (Mayr, 1862): *Nyfu*; *Pachycondyla striata* F. Smith, 1858: *Past*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Pseudomyrmex* sp. 1: *Pss1*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waa*.



**Figura 8.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e velocidade do vento) com a matriz da abundância das espécies de formigas (Δ) de 30 ambientes escolares (●) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (fevereiro/março de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Acromyrmex ambiguus* (Emery, 1888): *Acam*; *Acromyrmex lundii* (Guérin-Méneville, 1838): *Aclu*; *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893): *Acsu*; *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*;



*Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863): *Dopy*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole lignicola* Mayr, 1887: *Phli*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpu*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Solenopsis stricta* Emery, 1896: *Sost*.



**Figura 9.** Análise de Correspondência Canônica (CCA) comparando a matriz das variáveis microclimáticas (luminosidade e temperatura) com a matriz da abundância das espécies de formigas ( $\Delta$ ) de 30 ambientes escolares ( $\bullet$ ) situados em áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina (novembro/dezembro de 2011). Os nomes das espécies estão representados pelas seguintes abreviações: *Brachymyrmex coactus* Mayr, 1887: *Brco*; *Camponotus crassus* Mayr, 1862: *Cacr*; *Camponotus fastigatus* Roger, 1863: *Cafa*; *Camponotus melanoticus* Emery, 1894: *Came*; *Camponotus mus* Roger, 1863: *Camu*; *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868: *Capu*; *Camponotus rufipes* (Fabricius, 1775): *Caru*; *Crematogaster* sp. 1: *Crs1*; *Dorymyrmex brunneus* Forel, 1908: *Domu*; *Dorymyrmex pyramicus* (Roger, 1863): *Dopy*; *Linepithema humile* (Mayr, 1868): *Lihu*; *Pheidole laevifrons* Mayr, 1887: *Phla*; *Pheidole pubiventris* Mayr, 1887: *Phpu*; *Pheidole punctatissima* Mayr, 1870: *Phpb*; *Pheidole* sp. 1: *Phs1*; *Pheidole* sp. 5: *Phs5*; *Pheidole tristis* (F. Smith, 1858): *Phtr*; *Pogonomyrmex naegelii*

Forel, 1878: *Pona*; *Solenopsis invicta* Buren, 1972: *Soin*; *Solenopsis saevissima* (F. Smith, 1855): *Sosa*; *Solenopsis* sp. 1: *Sos1*; *Solenopsis* sp. 4: *Sos4*; *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863): *Waa*.

**Tabela 1.** Correlações entre as variáveis ambientais e as espécies nos eixos 1 e 2 nas análises de correspondência canônica (CCA). Assembleias de formigas amostradas três tipos de ambientes de áreas urbanas do oeste do estado de Santa Catarina. Fevereiro e março (verão) e outubro e novembro (primavera) de 2011.

Ambientes	Coeficientes de correlação	
	Eixo 1	Eixo 2
Fragmentos (verão)	0,905	0,793
Fragmentos (primavera)	0,821	0,767
Áreas verdes (verão)	0,892	0,720
Áreas verdes (primavera)	0,819	0,720
Escolas (verão)	0,823	0,742
Escolas (primavera)	0,758	0,697

## Discussão

Os resultados demonstraram diferença de riqueza de formigas entre as duas campanhas de amostragem. Os três tipos de ambientes localizados em áreas urbanas apresentaram maior riqueza na primavera do que no verão. Contudo, a abundância e a composição das assembleias de formigas não apresentaram variação significativa entre um período e outro. Os resultados demonstraram também que as variáveis microclimáticas testadas são responsáveis por uma explicação entre 20% e 27% da mirmecofauna amostrada nos três tipos de ambientes. A luminosidade foi a variável microclimática mais importante sobre as assembleias nas duas campanhas, exceto nos fragmentos florestais na campanha da primavera. A segunda variável mais importante foi a umidade relativa, seguida pela temperatura e velocidade do vento. Nos ambientes com maior cobertura vegetal (fragmentos e áreas verdes) a umidade relativa esteve sempre entre as variáveis microclimáticas com influência mais significativa sobre a mirmecofauna. No ambiente mais aberto (escolas) a velocidade do vento (verão) e a temperatura (primavera) foram os fatores mais importantes juntamente com a luminosidade.

Os períodos escolhidos para a realização das duas campanhas de amostragem correspondem àqueles em que é possível maximizar a riqueza e a abundância de formigas na região do estudo. Nesta região, as estações da primavera e do verão correspondem àquelas cujas temperaturas médias são mais elevadas e há um maior número diário de horas de radiação solar (CIRAM 2011) e por isso representam os períodos de maior atividade para muitas espécies de formigas. Os resultados deste estudo encontram suporte nos trabalhos de Vargas *et al* (2007) que também encontraram maior riqueza de formigas no período mais quente do ano; Fagundes *et al* (2009) que destacam a disponibilidade de alimentos e os comportamentos específicos de forrageamento interagindo com gradientes da temperatura para determinar as variações temporais de riqueza de formigas no decorrer das estações e; Andersen (1995) que cita as baixas temperaturas como um fator limitador para a atividade das colônias de formigas.

As diferenças de riqueza entre os dois períodos (primavera e verão) poderiam estar indicando o efeito temporal sobre as assembleias. Apesar de possuir uma distribuição relativamente regular da pluviosidade e de intensidade dos ventos durante o ano, a região do estudo se caracteriza por estações marcadas por variações da temperatura e das horas diárias de radiação solar (Köppen 1948). Por isso é razoável esperar diferenças nas assembleias de organismos amostradas em diferentes épocas do ano, especialmente daqueles táxons cujas atividades são reguladas por esses fatores. Contudo, esta variação temporal da riqueza das assembleias de formigas não pode ser considerada inteiramente conclusiva pelas seguintes razões: a) foram comparadas amostras temporais de apenas um ano (2011); b) na região do estudo, os meses de fevereiro e março do ano de 2011 tiveram pluviosidade registrada de 247 e 227 mm, respectivamente. Volumes acima da média mensal (~170 mm). Em outubro e novembro a pluviosidade registrada foi irregular, 315 e 91 mm (CIRAM 2011); c) o estudo foi conduzido em ambientes situados em áreas urbanas onde há um conjunto complexo de fatores (i.g. lançamento de poluentes, supressão da vegetação, introdução de espécies exóticas) atuando sobre a biodiversidade (McKinney 2002, Galindo-Leal & Câmara 2003, Buczkowski & Richmond 2012).

A relação positiva entre os fatores microclimáticos e a atividade das formigas já é conhecida (Hölldobler & Wilson 1990, Rosado *et al* 2013). Os resultados corroboram os resultados destes autores ao demonstrar que as variáveis microclimáticas avaliadas foram responsáveis pela explicação de uma parcela importante da variação das assembleias de formigas. Contudo, a influência dessas variáveis se altera de um ambiente para outro e de um período a outro do ano. A luminosidade e a umidade relativa foram os fatores predominantes

sobre as assembleias de formigas e apresentaram uma relação com a cobertura vegetal dos ambientes. Enquanto a luminosidade prevaleceu nos ambientes mais abertos, a umidade relativa prevaleceu nos ambientes com maior cobertura vegetal.

Os fragmentos florestais possuem uma cobertura de dossel mais ampla em relação às áreas verdes ao passo que esta cobertura é inexistente nos ambientes escolares. A presença dessa cobertura limita a luminosidade no interior especialmente dos fragmentos florestais (Whitford 2009). A maior cobertura de dossel, a presença de sub bosque e a presença de serapilheira nos fragmentos florestais, mas ausentes nas áreas verdes e nos ambientes escolares, proporcionam abrigo para muitas espécies de formigas além de manter a umidade mais elevada e por mais tempo nesses ambientes (Santos *et al* 2012). A temperatura se altera com mais intensidade em ambientes abertos (Kaspari 1993) especialmente nos ambientes escolares onde as edificações recebem a radiação solar de forma direta e as edificações mantêm o calor por mais tempo.

Os percentuais de explicação (entre 21,4% e 26,1%) obtidos através dos fatores microclimáticos indicam a existência de um conjunto maior de fatores influenciando as assembleias de formigas. O tamanho dos ambientes, a cobertura e densidade da vegetação existente, a presença ou não de serapilheira, o número de trilhas nas áreas verdes, o percentual de área construída e a existência ou não de jardins nos ambientes escolares são fatores que podem estar interagindo com os fatores microclimáticos e atuando sobre a mirmecofauna nas áreas urbanas. Esses fatores refletem a configuração do mosaico de ambientes criados pelo processo de urbanização e pela ação antrópica e se traduzem na disponibilidade de locais de nidificação, na disponibilidade de alimento, alterando as condições de microclima e a estrutura das comunidades (Levings & Windsor 1984, Kaspari 1996). As assembleias de formigas, comumente respondem a estas variações (Hölldobler & Wilson 1990, Kaspari & Valone 2002).

Algumas espécies de formigas tiveram seus registros associados mais fortemente com as condições microclimáticas mensuradas do que outras. Resultado semelhante foi observado em relação à temporalidade onde três gêneros ocorreram somente no verão e outros três somente na primavera. Algumas espécies de formigas podem alterar seus hábitos e horários de forrageio entre um período e outro do ano o que lhes garante maior flexibilidade para suportar as variações de temperatura e de umidade, ou como uma resposta à ação de predadores e parasitoides (Kronfeld-Schor & Dayan 2003). Os organismos são adaptados às condições físicas de seus ecossistemas e é esperado que muitas espécies de formigas sejam

limitadas ou favorecidas por gradientes microclimáticos específicos dos habitats que ocupam (Ricklefs 2010). Isso explica a maior correlação de algumas espécies de formigas do que outras com as variáveis microclimáticas.

Os resultados deste trabalho ampliam o entendimento sobre os fatores que regulam as atividades das formigas em ambientes de áreas urbanas. Destacam a importância da conservação de ambientes que possam manter um melhor equilíbrio das condições microclimáticas para a manutenção da mirmecofauna. Considerando a heterogeneidade dos ambientes urbanos e a complexidade de fatores neles interagindo, sugerimos estudos de monitoramento mais prolongados para estabelecer um padrão mais consistente do efeito da temporalidade sobre as assembleias de formigas em áreas urbanas.

### **Agradecimentos:**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos. Aos proprietários das áreas particulares e aos gestores das áreas verdes e escolas pela permissão da amostragem.

### **Referências**

- Agosti D, Alonso LE (2000) The ALL protocol: selected case studies, p.204-206. In Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (eds) *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution, 280 p.
- Andersen AN (1995) A classification of Australian ant communities based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography* 22: 15–29.
- Begon M, Townsend CR, Harper JL (2006) *Ecology: from individuals to ecosystems*. Oxford, Blackwell Publishing, 738p.
- Bestelmeyer BT, Agosti D, Alonso LE, Brandão CRF, Brown Jr WL, Delabie JHC, Silvestre R (2000) Field techniques for the study of ground-dwelling ants, p. 122-144. In Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR (eds) *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, Smithsonian Institution, 280 p.
- Bestelmeyer BT, Wiens JA (2001) Ant biodiversity in semiarid landscape mosaics: the consequences of grazing vs. natural heterogeneity. *Ecological Applications* 11: 1123-1140.

- Buczowski G, Richmond DS (2012) The Effect of Urbanization on Ant Abundance and Diversity: A Temporal Examination of Factors Affecting Biodiversity. *PLoS ONE* 7:e41729.
- Campos RBF, Schoereder JH, Sperber CF (2003) Local determinants of species richness in litter ant communities (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 4: 357-367.
- CIRAM (2011) Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. <http://ciram.epagri.sc.gov.br/>. (último acesso 20/09/2013).
- Clarke KR, Gorley RN (2005) *Primer: Getting started with v6*. Plymouth routines in multivariate ecological research.
- Cornell HV (1999) Unsaturation and regional influences on species richness in ecological communities: a review of the evidence. *Ecoscience* 6: 303-315.
- Fagundes R, Santos NBE, Silva GL, Maia ACR, Santos JFL, Ribeiro SP (2009) Efeito das mudanças climáticas sazonais no forrageio de Formigas em uma área de mata estacional semidecidual Montana. *Anais do 9º Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG*.
- Finn JA, Gittings T, Giller PS (1999) Spatial and temporal variation in species composition of dung beetle assemblages in southern Ireland. *Ecological Entomology* 24: 24-36.
- Galindo-Leal C, Câmara IG (2003) *The Atlantic Forest of South America. Biodiversity Status, Threats, and Outlook*. Island Press. Washington DC, 488 p.  
<http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>. (último acesso 17/03/2013).
- Hölldobler B & EO Wilson (1990) *The ants*. Cambridge: Belknap, Harvard University Press, 732p.
- Iop S, Caldart VM, Lutinski JA, Garcia FRM (2009) Formigas urbanas da cidade de Xanxerê, Santa Catarina, Brasil. *Biotemas* 22: 55-64.
- Izhaki I, Idelovich B, Laster R, Ofer, Y (2009) The impact of macro- vs. micro-environmental factors on the structure of ant communities inhabiting East-Mediterranean Aleppo pine forests. *Israel Journal of Entomology* 39: 129–146.
- Kaspari M (1993) Body-size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. – *Oecologia* 96: 500 – 507.
- Kaspari M (1996) Litter ant patchiness at the 1-m<sup>2</sup> scale: disturbance dynamics in three Neotropical forests. *Oecologia* 107: 265-273.
- Kaspari M, Valone TJ (2002) On ectotherm abundance in a seasonal environment – studies of a desert ant assemblage. *Ecology* 83: 2991-2996.
- Kaspari M, Weiser MD (2000) Ant activity along moisture gradients in a neotropical forest. *Biotropica* 32: 703 – 711.
- Köppen W (1948) *Climatologia*. Fundo de Cultura Econômica, Cidade do México, 213p.

- Kronfeld-Schor N, Dayan T (2003) Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 153-181.
- Lessard JP, Dunn RR, Sanders NJ (2009) Temperature-mediated coexistence in temperate forest ant communities. *Insectes Sociaux* 56: 149-156.
- Levin SA (1992) The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943–1976.
- Levings SC, Windsor DM (1984) Litter moisture-content as a determinant of litter arthropod distribution and abundance during the dry season on Barro-Colorado Island, Panama. *Biotropica* 16: 125-131.
- Lighton, JRB Feener DH (1989) Running in a desert ant: a comparison of energetics and ventilation during voluntary and forced locomotion. *Nature* 342: 174–175.
- Lutinski JA, Lopes BC, Morais ABB (2013) Diversidade de formigas urbanas (Hymenoptera: Formicidae) de dez cidades do sul do Brasil. *Biota Neotropica* 13: 1-12.
- McIntyre NE (2000) Ecology of urban arthropods: A review and a call to action. *Annals of the Entomological Society of America* 93: 825-35.
- McIntyre NE, Rango J, Fagan WF, Faeth SH (2001) Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape and Urban Planning* 52: 257–274.
- McKinney ML (2002) Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883–890.
- Mittermeier RA, Mittermeier CG, Brooks TM, Pilgrim JD, Konstant WR, Fonseca GAB, Kormos C (2003) Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA* 100: 10309-10313.
- Oliveira MF, Campos-Farinha AEC (2005) Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. *Arquivos do Instituto Biológico* 72: 33-39.
- Pacheco R, Silva RR, Morini MSC, Brandão CRF (2009) A comparison of the leaf-litter ant fauna in a secondary atlantic forest with an adjacent pine plantation in southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 38: 055-065.
- Pacheco R, Vasconcelos HL (2007) Invertebrate conservation in urban areas: ants in the Brazilian Cerrado. *Landscape and Urban Planning* 81: 193–199.
- Perfecto I, Vandermeer J (1996) Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 108: 577-582.
- Philpott SM, Perfecto I, Vandermeer J (2006) Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biod Cons* 15: 139-155.
- Ricklefs RE (2010) *A Economia da Natureza*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 546 p.
- Ricklefs RE, Schluter D (1993) *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. Chicago, University of Chicago Press, 414 p.

- Romero H, Jaffe K (1989) A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera: Formicidae) in Savanna. *Biotropica* 21: 348-352.
- Rosado JLO, Goncalves MG de, Dröse W, Eduardo JE e S, Krüger RF, Loeck AE (2013) Effect of climatic variables and vine crops on the epigeic ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in the Campanha region, state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of Insect Conservation* 17: 1113–1123.
- Santos SRQ, Vitorino MI, Harada AY, Souza AML, Souza EB (2012) A riqueza das formigas relacionada aos períodos sazonais em Caxiuanã durante os anos de 2006 e 2007. *Revista Brasileira de Meteorologia* 27: 307 – 314.
- Sarmiento CE (2003) Metodologías de captura y estudio de las hormigas. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo, p. 201-210. In Fernández F (ed.) *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia, 424 p.
- Tavares AA, Bispo PC, Zanzini, AC (2008) Efeito do turno de coleta sobre comunidades de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em áreas de *Eucalyptus cloeziana* e de cerrado. *Neotropical Entomology* 37: 126-130.
- Ter Braak CJF, Smilauer P (1998) *CANOCO: Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows*. Microcomputer Power. USA, Ithaca.
- Ter Braak CJF, Smilauer P (2002) *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. USA, Ithaca.
- Vargas AB, Mayhé-Nunes AJ, Queiroz JM, Souza GO, Ramos EF (2007) Efeitos de Fatores Ambientais sobre a Mirmecofauna em Comunidade de Restinga no Rio de Janeiro, RJ. *Neotropical Entomology* 36: 28-37.
- Whitford WG (2009) Foraging by seed-harvesting ants, p.107–110. In Brian MV (ed) *Production Ecology of Ants and Termites*. Cambridge University Press, Cambridge, 409 p.
- Wilson EO (1971) *The insect societies*. Cambridge, Massachusetts, Belknap Press, 548p.
- Wittman SE, Sanders NJ, Ellison AM, Jules ES, Ratchford JS, and Gotelli NJ (2010) Species interactions and thermal constraints on ant community structure. *Oikos* 119: 551-559.



## CONCLUSÕES

Este estudo amplia o conhecimento sobre a diversidade de formigas da região austral do domínio Mata Atlântica, estendendo a área de ocorrência de 40 espécies de formigas. As assembleias de formigas das dez cidades não diferiram marcadamente quanto à riqueza e abundância, entretanto, nove delas apresentaram espécies exclusivas mostrando variação regional na composição das espécies.

Foram encontradas variações significativas de riqueza e de abundância de formigas no gradiente de perturbação antrópica avaliado mostrando uma tendência de redução desses parâmetros nos ambientes escolares e centros de reciclagem (mais antropizados) em relação aos fragmentos florestais e áreas verdes (menos antropizados).

Observou-se uma tendência de aumento na dominância de espécies à medida que as ações antrópicas se intensificam, além de uma substituição das espécies mais abundantes ao longo do gradiente. Observou-se que as assembleias de formigas não se alteram em sua composição, mas que há uma perda importante de espécies de um ambiente para outro.

A riqueza amostrada no segundo período (primavera) foi 20% maior do que no primeiro (verão). Contudo, a abundância e a composição das assembleias de formigas não apresentaram variação entre um período e outro. Este padrão não é conclusivo já que as amostras foram realizadas em apenas um ano.

As variáveis microclimáticas testadas foram responsáveis por uma explicação superior a 20% da mirmecofauna amostrada nos ambientes. A luminosidade foi a variável microclimática mais importante nas duas campanhas. A segunda variável mais importante foi a umidade relativa, seguida pela temperatura e velocidade do vento.

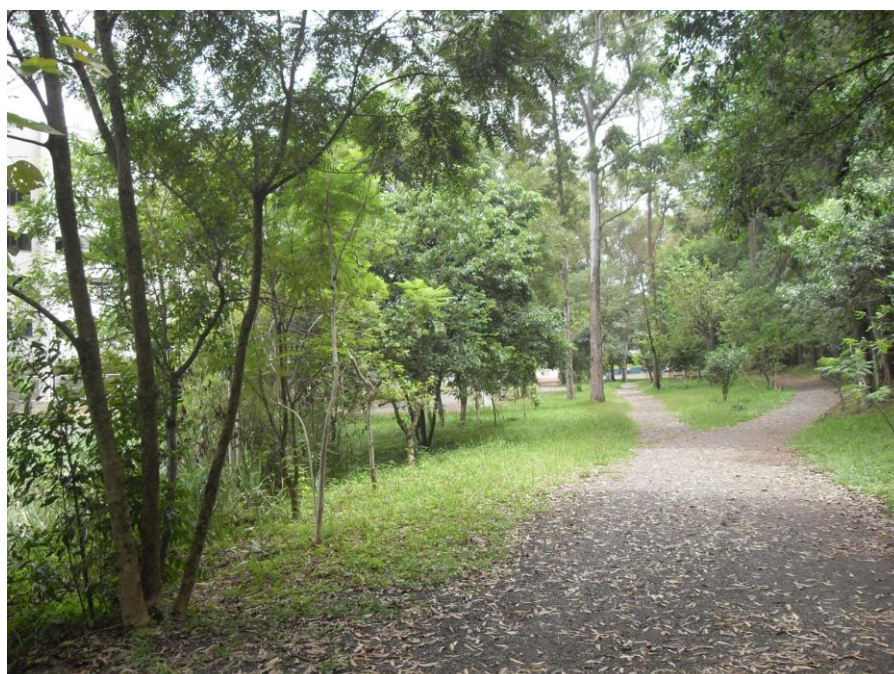
Considerando a importância ecológica das formigas e a existência de uma diversidade de plantas e de outros animais que a presença das formigas permite supor, os resultados podem contribuir para a implementação de programas de educação ambiental e de conservação de fragmentos florestais e de áreas verdes em áreas urbanas.

Este trabalho também amplia o entendimento sobre os fatores que regulam as atividades das formigas em ambientes de áreas urbanas. Destacam a importância da conservação de ambientes que possam manter um melhor equilíbrio das condições microclimáticas para a manutenção da mirmecofauna. Considerando a heterogeneidade dos ambientes urbanos e a complexidade de fatores neles interagindo, sugerimos estudos de monitoramento mais prolongados para estabelecer um padrão mais consistente do efeito da temporalidade sobre as assembleias de formigas em áreas urbanas.

## APÊNDICES



**Apêndice 1.** Caracterização de um fragmento florestal inserido em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.



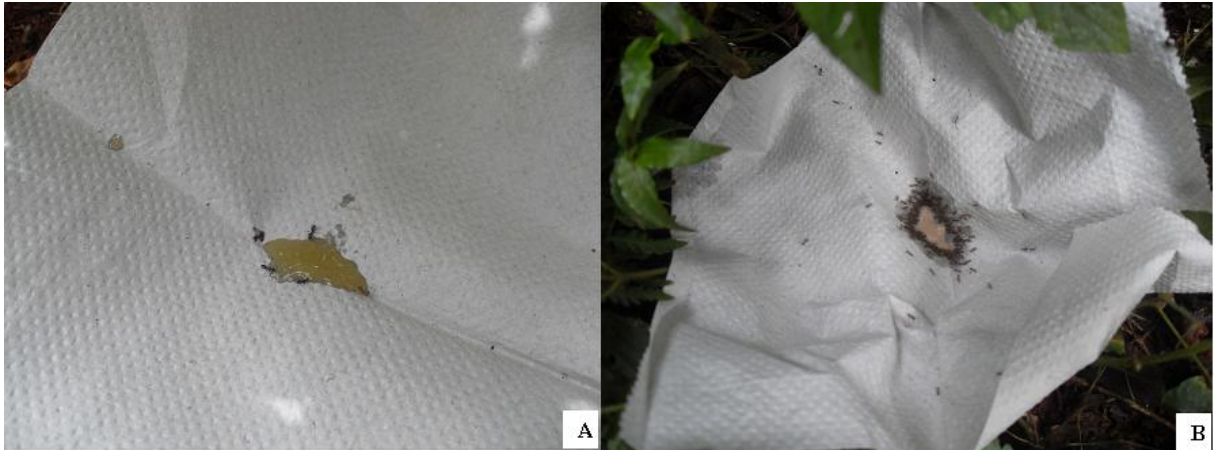
**Apêndice 2.** Caracterização de uma área verde inserida em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.



**Apêndice 3.** Caracterização de ambiente escolar inserido em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.



**Apêndice 4.** Caracterização de centro de reciclagem inserido em uma área urbana situada no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil onde foram realizadas amostragens de formigas em fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011.



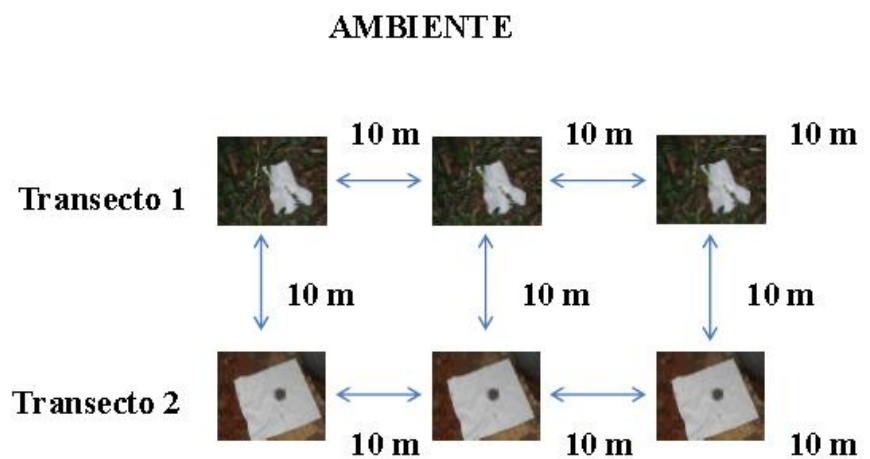
**Apêndice 5.** Caracterização das iscas de glicose (A) e sardinha (B) utilizadas para a amostragem de formigas em ambientes de áreas urbanas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).



**Isca de glicose**



**Isca de sardinha**



**Apêndice 6.** Distribuição das iscas de glicose e de sardinha utilizadas para a amostragem de formigas em ambientes de áreas urbanas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 24174-1</b>	<b>Data da Emissão: 12/07/2010 12:03</b>
<b>Dados do titular</b>	
Nome: Junir Antonio Lutinski	CPF: 014.827.129-46
Título do Projeto: Tese de doutorado: Formigas urbanas de cidades do Oeste de Santa Catarina	
Nome da Instituição: Prefeitura da Cidade Universitária - UFSM	CNPJ: 95.591.764/0001-05

### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta e transporte das formigas	07/2010	12/2012
2	Triagem dos espécimes em laboratório	07/2010	06/2013
3	Montagem dos espécimes para identificação	01/2011	06/2013
4	Transporte de espécimes para taxonomistas	01/2012	06/2013
5	Análise e redação	06/2012	12/2013

De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto.

**Apêndice 7.** Autorização do ICMBio para coleta e transporte de formigas de ambientes de áreas urbanas no Bioma Mata Atlântica, SC, sul do Brasil (fevereiro/março e novembro/dezembro de 2011).



**Apêndice 8.** Triagem (A) e montagem (B) dos espécimes. Identificação das formigas junto ao Museu de Zoologia da USP (C) comparando com a coleção de referência de formigas (D).