

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

Leandra Pedron

**MIRMECOFAUNA EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE CARVÃO NO RIO
GRANDE DO SUL**

Santa Maria, RS
2016

Leandra Pedron

**MIRMECOFAUNA EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE CARVÃO NO RIO GRANDE
DO SUL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Orientador: Prof. Dr. Ervandil Corrêa Costa

Santa Maria, RS
2016

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

Pedron, Leandra
Mirmecofauna em área de mineração de carvão no Rio Grande do Sul / Leandra Pedron.-2016.
80 f.; 30cm

Orientador: Ervandil Corrêa Costa
Coorientadora: Ana Paula Moreira Rovedder
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2016

1. Bioindicadores Ambientais 2. Entomologia Florestal
3. Hymenoptera 4. Mineração I. Corrêa Costa, Ervandil II. Moreira Rovedder, Ana Paula III. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Leandra Pedron. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço eletrônico: leandra_pedron@hotmail.com

Leandra Pedron

MIRMECOFAUNA EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

Aprovado em 23 de fevereiro de 2016:



Ervandil Corrêa Costa, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)


Acácio Geraldo de Carvalho, Dr. (UFRRJ)
Juliana Garlet, Dra. (UNEMAT)

Santa Maria, RS
2016

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Leandro Pedron e Adriana da Silva Pedron
e ao meu irmão Vitor Pedron.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF) que possibilitaram a realização deste trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

À Companhia Riograndense de Mineração – Mina de Candiota por permitir a realização deste estudo em suas áreas; e aos seus funcionários, em especial, ao Sr. Luiz Moreira, pela disponibilidade e auxílio na realização das coletas.

Ao meu orientador, professor Dr. Ervandil Corrêa Costa, pela orientação, amizade e ensinamentos durante a realização deste trabalho.

Ao pesquisador e professor Dr. Jacques Hubert Charles Delabie, do Centro de Pesquisas do Cacau e da Universidade Estadual de Santa Cruz, pela identificação das espécies de formigas.

Aos meus pais Leandro e Adriana, e ao meu irmão Vitor pelo amor, apoio e incentivo.

À minha amiga Dayanna do Nascimento Machado, pela amizade e parceria desde a graduação e pelas contribuições e auxílio na realização deste trabalho.

Aos demais colegas do Laboratório de Entomologia Florestal, Jardel Boscardin, Leonardo Mortari Machado e Marciane Danniela Fleck pelas suas contribuições e ajuda em trabalhos à campo e em laboratório.

À todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

Obrigada!

RESUMO

MIRMECOFAUNA EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: Leandra Pedron
ORIENTADOR: Ervandil Corrêa Costa

O objetivo deste trabalho foi avaliar a biodiversidade de formigas em área de mineração de carvão, no município de Candiota, Rio Grande do Sul. Para isso foram utilizados dois métodos de amostragem e assim este trabalho foi dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo, o levantamento da mirmecofauna foi realizado mensalmente com isca atrativa, no período de julho de 2014 a junho de 2015. Foi utilizado Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com sete tratamentos, sendo eles: campo nativo, área não minerada; campo nativo, área minerada; plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada; plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada; plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada; plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1; e plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2. Cada tratamento esteve constituído por 10 iscas, a cada data de coleta. Foram coletados 35.389 espécimes, pertencentes à cinco subfamílias, nove tribos, 15 gêneros e 40 espécies. Na área com campo nativo, área não minerada observou-se o maior número de espécimes e na área plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada a maior riqueza de espécies ($S_{obs} = 25$). Não houve diferença estatística entre as médias de abundância dos tratamentos, mas houve diferença entre as médias de riqueza dos tratamentos. Os gêneros *Pheidole*, *Camponotus* e *Solenopsis* foram os mais abundantes em todas as tratamentos. Conclui-se que as áreas não mineradas e as áreas mineradas que sofreram o processo de recuperação não interferem no total de espécimes coletados e na riqueza de espécies. No segundo capítulo, foi realizada amostragem da mirmecofauna de solo com utilização de Funil de Berlese. O levantamento foi realizado mensalmente de julho de 2014 a junho de 2015. O delineamento utilizado foi DIC com seis tratamentos: campo nativo, área não minerada; campo nativo, área minerada; plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada; plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada; plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada; e plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada. Foram coletadas quatro amostras de solo em cada tratamento, em cada data de coleta. Em laboratório, essas amostras foram colocadas em funis de Berlese, onde permaneceram sete dias sob luz incandescente. Foram coletados 2.105 espécimes, distribuídos em quatro subfamílias, oito tribos, 16 gêneros e 31 espécies. A maior abundância e o maior número de espécies coletadas foi na área com campo nativo, área não minerada ($S_{obs} = 18$). Houve diferença estatística entre as médias de abundância e riqueza de espécies entre os tratamentos. Assim, pode-se concluir que o total de espécimes de formigas coletadas e a riqueza de espécies diferem entre as áreas mineradas e não mineradas.

Palavras-chave: Bioindicadores Ambientais. Entomologia Florestal. Hymenoptera. Mineração.

ABSTRACT

MIRMECOFAUNA IN COAL MINING AREA IN RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Leandra Pedron
ADVISOR: Ervandil Corrêa Costa

The aim of this study was to evaluate the biodiversity of ants in coal mining area in the city of Candiota, Rio Grande do Sul. Thus, two methods of sampling were used and, as a result, this work was divided into two chapters. In the first chapter, the survey of the mirmecofauna was carried out monthly with attractive bait in the period from July 2014 to June 2015. It was used the Completely Randomized Design (CRD) with seven treatments, which are: native grassland, non-mined area; native grassland, mined area; plantation of *Acacia mearnsii*, non-mined area; plantation of *Acacia mearnsii*, mined area; plantation of *Eucalyptus dunnii*, non-mined area; plantation of *Eucalyptus dunnii*, mined area 1; and plantation of *Eucalyptus dunnii*, mined area 2. Each treatment was composed of 10 baits, in every date of collection. 35,389 specimens belonging to five subfamilies, nine tribes, 15 genera and 40 species were collected. In the area with native grassland, non-mined area, there was the largest number of species and the in the planted area of *Acacia mearnsii*, mined area, there was the highest level of species richness ($S_{obs} = 25$). There was no statistical difference between the mean plenty of treatments, but there was a difference between the means of richness of the treatments. The genera such as *Pheidole*, *Camponotus* and *Solenopsis* were the most abundant in all treatments. It is concluded that non-mined areas and mined areas that passed through the recovery process does not interfere with the total of collected specimens and species richness. In the second chapter, soil mirmecofauna sampling was carried out with use of Berlese Funnel. The survey was performed monthly from July 2014 to June 2015. CRD was used in six treatments: native grassland, non-mined area; native grassfield, mined area; plantation of *Acacia mearnsii*, non-mined area; plantation of *Acacia mearnsii*, mined area; plantation of *Eucalyptus dunnii*, non-mined area; and plantation of *Eucalyptus dunnii*, mined area. Four soil samples were collected in each treatment, in every date of collection. In the laboratory, the samples were placed in Berlese Funnels, where they remained seven days under incandescent light. 2,105 specimens were collected, divided into four subfamilies, eight tribes, 16 genera and 31 species. The highest abundance and the largest number of collected species was in the area with native grassland, non-mined area ($S_{obs} = 18$). There was statistical difference between the means of abundance and species richness among treatments. Thus, it is possible to conclude that the total number of collected and the richness of specimens differ between mined and non-mined areas.

Keywords: Environmental Bioindicators. Forest Entomology. Hymenoptera. Mining.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mirmecofauna coletada com isca atrativa em áreas mineradas e não mineradas

| | |
|--|----|
| Figura 2. 1 - Localização do município de Candiota, Rio Grande do Sul..... | 26 |
| Figura 2. 2 - Distribuição dos tratamentos na mina de carvão, em Candiota, Rio Grande do Sul..... | 28 |
| Figura 2. 3 - Curvas de riqueza observada (S_{obs}) e estimada (S_{est}) de espécies de formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.... | 39 |
| Figura 2. 4 - Dendrograma de similaridade de Morisita-Horn para formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 42 |
| Figura 2. 5 - Dendrograma de similaridade de Jaccard para formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 43 |

Mirmecofauna de solo extraída com funil de Berlese em áreas mineradas e não mineradas

| | |
|--|----|
| Figura 3. 1 - Localização do município de Candiota, Rio Grande do Sul..... | 52 |
| Figura 3. 2 - Distribuição dos seis tratamentos na mina de carvão em Candiota, Rio Grande do Sul..... | 54 |
| Figura 3. 3 - Curvas de riqueza observada (S_{obs}) e estimada (S_{est}) de espécies de formigas coletadas no solo de área de mineração de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 64 |
| Figura 3. 4 - Dendrograma de similaridade de Morisita-Horn para formigas coletadas no solo de área de mineração de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015..... | 66 |
| Figura 3. 5 - Dendrograma de similaridade de Jaccard para formigas coletadas no solo de área de mineração de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015..... | 67 |

LISTA DE TABELAS

Mirmecofauna coletada com isca atrativa em áreas mineradas e não mineradas

| | |
|--|----|
| Tabela 2. 1 - Abundância e riqueza de espécies de formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 32 |
| Tabela 2. 2 - Índices de Diversidade de Shannon e de Equitabilidade de Pielou de espécies de formigas coletadas com isca atrativa, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. . | 41 |
| Tabela 2. 3 - Médias de abundância e riqueza para a mirmecofauna coletada a partir de isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 44 |
| Tabela 2. 4 - Correlação da riqueza de espécies de formigas e das três espécies mais abundantes coletadas com isca atrativa e as principais variáveis meteorológicas, em áreas mineradas e não mineradas, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. . | 45 |

Mirmecofauna de solo extraída com funil de Berlese em áreas mineradas e não mineradas

| | |
|--|----|
| Tabela 3. 1 - Abundância e riqueza de espécies de formigas coletadas no solo de área de mineração de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 57 |
| Tabela 3. 2 - Índices de Diversidade de Shannon e de Equitabilidade de Pielou de espécies de formigas coletadas no solo de área de mineração de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 65 |
| Tabela 3. 3 - Médias de abundância e riqueza para a mirmecofauna coletada no solo de área de mineração de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 68 |
| Tabela 3. 4 - Correlação da riqueza de espécies de formigas e das três espécies mais abundantes coletadas a partir de amostras de solo e as principais variáveis meteorológicas, em áreas mineradas e não mineradas, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015. | 69 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | ASPECTOS GERAIS | 9 |
| 1.1 | INTRODUÇÃO GERAL | 9 |
| 1.2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 11 |
| 1.2.1 | Carvão Mineral | 11 |
| 1.2.2 | Recuperação de áreas mineradas na Mina de Carvão de Candiota, Rio Grande do Sul | 12 |
| 1.2.3 | Bioindicadores de qualidade ambiental | 13 |
| 1.2.4 | Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) | 15 |
| 1.2.5 | Métodos de coleta | 17 |
| 1.2.5.1 | <i>Iscas atrativas</i> | 18 |
| 1.2.5.2 | <i>Funil de Berlese</i> | 19 |
| | REFERÊNCIAS | 20 |
| 2 | MIRMECOFAUNA COLETADA COM ISCA ATRATIVA EM ÁREAS MINERADAS E NÃO MINERADAS | 25 |
| 2.1 | INTRODUÇÃO..... | 25 |
| 2.2 | MATERIAIS E MÉTODOS | 26 |
| 2.2.1 | Localização da área de estudo | 26 |
| 2.2.2 | Distribuição e descrição dos tratamentos | 27 |
| 2.2.3 | Amostragem da mirmecofauna | 28 |
| 2.2.4 | Análise faunística | 29 |
| 2.2.4.1 | <i>Abundância total</i> | 29 |
| 2.2.4.2 | <i>Frequência de ocorrência</i> | 29 |
| 2.2.4.3 | <i>Riqueza das espécies de formigas</i> | 30 |
| 2.2.5 | Índices de Diversidade e Similaridade | 30 |
| 2.2.6 | Análise estatística | 31 |
| 2.2.7 | Dados meteorológicos | 31 |
| 2.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| 2.3.1 | Abundância e frequência de ocorrência das espécies de formigas | 32 |
| 2.3.2 | Riqueza observada (S_{obs}) e riqueza estimada (S_{est}) | 37 |
| 2.3.3 | Índices de Diversidade e Similaridade | 40 |
| 2.3.4 | Análise estatística | 43 |
| 2.3.5 | Influência das variáveis meteorológicas sobre a riqueza de espécies de formigas e as três espécies mais abundantes | 44 |
| 2.4 | CONCLUSÕES..... | 45 |
| | REFERÊNCIAS | 46 |
| 3 | MIRMECOFAUNA DE SOLO EXTRAÍDA COM FUNIL DE BERLESE EM ÁREAS MINERADAS E NÃO MINERADAS | 50 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO..... | 50 |
| 3.2 | MATERIAIS E MÉTODOS | 51 |
| 3.2.1 | Localização da área de estudo | 51 |
| 3.2.2 | Distribuição e descrição dos tratamentos | 52 |
| 3.2.3 | Amostragem da mirmecofauna | 54 |
| 3.2.4 | Análise faunística | 55 |
| 3.2.4.1 | <i>Abundância total</i> | 55 |
| 3.2.4.2 | <i>Frequência de ocorrência</i> | 55 |
| 3.2.4.3 | <i>Riqueza das espécies de formigas</i> | 56 |
| 3.2.5 | Índices de Diversidade e Similaridade | 56 |
| 3.2.6 | Análise estatística | 56 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.7 | Dados meteorológicos | 57 |
| 3.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 57 |
| 3.3.1 | Abundância e frequência de ocorrência das espécies de formiga | 57 |
| 3.3.2 | Riqueza observada (S_{obs}) e riqueza estimada (S_{est}) | 63 |
| 3.3.3 | Índices de Diversidade e Similaridade | 65 |
| 3.3.4 | Análise estatística | 67 |
| 3.3.5 | Influência das variáveis meteorológicas sobre a riqueza de espécies de formigas e as três espécies mais abundantes | 68 |
| 3.4 | CONCLUSÕES | 69 |
| | REFERÊNCIAS | 71 |
| | APÊNDICE A – VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS OBTIDAS JUNTO AO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) ATRAVÉS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAGÉ, RS, JUL/2014 A JUN/2015. | 74 |
| | APÊNDICE B - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS AMOSTRADAS COM ISCA ATRATIVA EM ÁREAS NÃO MINERADAS E EM ÁREAS MINERADAS E RECUPERADAS DE UMA MINA DE CARVÃO, EM CANDIOTA, RS – JUL/2014 A JUN/2015. | 75 |
| | APÊNDICE C - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS DE SOLO EM ÁREAS NÃO MINERADAS E EM ÁREAS MINERADAS E RECUPERADAS DE UMA MINA DE CARVÃO, EM CANDIOTA, RS – JUL/2014 A JUN/2015. | 78 |

1 ASPECTOS GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Área degradada é aquela que sofreu algum impacto, impedindo ou diminuindo a sua capacidade de se restabelecer através de seus meios naturais (REIS; ZAMBONIN; NAKAZONO, 1999). Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, a degradação de uma área ocorre assim que há perda de suas características físicas, químicas e biológicas, inviabilizando o desenvolvimento socioeconômico, a saber que a degradação ocorre quando “a vegetação e a fauna nativas forem destruídas, removidas ou expulsa; a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada; e a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico forem alterados” (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 1990).

Os impactos ambientais que mais ocorrem são gerados pela retirada da cobertura vegetal para implantação de atividades agrícolas ou urbanas, pela exploração econômica de madeira, por obras hidráulicas, por atividades industriais que provocam a poluição do ar, solo e águas, pelas atividades de mineração e por invasões biológicas (RIBAS et al., 2007). Dentre essas atividades, a mineração é uma das mais impactantes, uma vez que altera totalmente a paisagem devido a remoção total da vegetação e de camadas de solo, resultando na degradação do solo e da biota (HOLEC; FROUZ, 2005; RIBAS et al., 2012), ou seja, como afirma Ré (2007), os principais impactos em áreas de mineração resumem-se a danos ambientais. Esses danos ambientais causam desequilíbrio ao meio, porém de acordo com Wink et al. (2005), através da observação das características populacionais de grupos de organismos específicos utilizados como bioindicadores, pode-se medir o equilíbrio ambiental.

Niemi e McDonald (2004) afirmam que bioindicadores são espécies ou grupo de espécies que reproduzem o estado biótico e abiótico do ambiente. Evidenciam os impactos das mudanças ambientais e a diversidade local (BIAGIOTTI, 2011) e devem apresentar as seguintes características: sensibilidade a mudanças no *habitat*; serem aplicáveis em um grande número de sistemas; fácil amostragem e identificação; permitir o estabelecimento de comparações e o cruzamento com outros indicadores (McGEOCH, 1998; NIEMI; MCDONALD, 2004). Em virtude da diversidade de espécies e de serem facilmente amostrados, os insetos são os mais importantes bioindicadores. A diversidade de insetos edáficos pode mostrar o nível de qualidade ambiental para que determinadas ações sejam realizadas para manter, recuperar ou restaurar o equilíbrio do ambiente (WINK et al., 2005). Dentre essas ações, os insetos edáficos

podem ser utilizados para avaliar o equilíbrio de um ambiente bem como verificar se medidas de recuperação adotadas estão sendo eficientes para áreas que sofreram impacto ambiental.

As formigas merecem destaque entre os insetos pelo fato de que afetam a fertilidade do solo, e geralmente apresentam um forte impacto sobre outras variáveis ambientais como: da fauna e da flora, já que são predadoras de outros artrópodes, de sementes, desfolhadoras de plantas, além de serem fáceis de coletar e identificáveis (FERNANDEZ, 2003; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Exercem uma função importante na dinâmica do ambiente, devido a diversidade do grupo, a grande plasticidade comportamental e a densidade populacional alta desses organismos nas comunidades locais (DELABIE; BENTON; MEDEIROS, 1991; SILVESTRE, 2000). Segundo Hölldobler e Wilson (1990), são essenciais na estrutura de comunidades e no fluxo de energia e biomassa dos ecossistemas terrestres. A riqueza e a diversidade de espécies de formigas aumentam conforme a complexidade dos ambientes, em virtude de uma maior disponibilidade de nichos presentes. Devido a conexão entre os organismos e as características dos *habitats*, as formigas são utilizadas como instrumentos no monitoramento ambiental de áreas degradadas (PEREIRA et al., 2007).

Na Austrália, o uso de formigas como indicadores da reconstrução de áreas degradadas pelas atividades de mineração segue protocolos específicos, determinados após vários anos de estudo (ANDERSEN et al., 2002; HOFFMANN; GRIFFITHS; ANDERSEN, 2000; MAJER et al., 1984). No Brasil, alguns estudos foram realizados na década de 90 (MAJER, 1992; MAJER, 1996), mas a utilização de formigas como bioindicadores ambientais permanece pouco explorada.

Segundo Majer (1996), vários estudos têm buscado compreender os impactos ocasionados pelas constantes modificações dos ecossistemas naturais através de análise das comunidades de formigas, pois, de acordo com Silvestre (2000), elas são consideradas excelentes indicadores ecológicos, o que pode ser útil na avaliação dos processos de recuperação das áreas mineradas.

Assim, este trabalho objetivou avaliar a biodiversidade de formigas em área de mineração de carvão, no município de Candiota, Rio Grande do Sul.

Objetivos específicos:

a) Identificar a composição da mirmecofauna presente em áreas que não foram mineradas e em áreas que foram mineradas e sofreram processo de recuperação; b) Verificar a riqueza de espécies de formigas nas áreas estudadas e a similaridade na composição de espécies de comunidades de formigas entre as áreas mineradas e não mineradas.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.2.1 Carvão Mineral

O carvão mineral é um combustível fóssil sólido formado pela deposição da matéria orgânica de vegetais em bacias sedimentares. A ação de pressão e temperatura em ambiente sem contato com o ar e em decorrência de soterramento e atividade orogênica, resultam na solidificação dos restos vegetais ao longo do tempo geológico, perdendo oxigênio e hidrogênio e se enriquecendo em carbono, em um processo denominado carbonificação (BORBA, 2001).

Os depósitos de carvão mineral do Brasil estão localizados nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As maiores jazidas situam-se nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e as menores, no Paraná e São Paulo. O Rio Grande do Sul possui o maior volume de reservas, com 89,25%; Santa Catarina, 10,41%; Paraná, 0,32% e São Paulo, 0,02% (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008). Segundo Sanchez e Formoso (1990), o carvão mineral, no Brasil, compõe dois terços dos recursos energéticos não renováveis, sendo suas reservas 20 vezes maiores que as reservas de petróleo e 75 maiores que as reservas de gás natural. No estado do Rio Grande do Sul, as reservas de carvão mineral somam 28 bilhões de toneladas, constituindo 86,5% do total de carvão do Brasil.

Embora seja indiscutível a importância do carvão mineral, tanto para geração de energia elétrica, como para siderurgia, o processo de mineração pode originar graves problemas ambientais durante a extração, beneficiamento ou queima do carvão. A produção de energia gerada a partir do carvão, normalmente é mais poluente do que outras fontes de energia, como gás, biomassa, eólica ou solar (SANCHEZ; FORMOSO, 1990), colocando em risco os ecossistemas adjacentes, com perdas irreparáveis.

A adoção do método de extração de carvão mineral depende das condições geológicas locais e da profundidade do carvão. A exploração deste minério pode ocorrer de duas maneiras: lavra a céu aberto e lavra subterrânea. (KOPPE; COSTA, 2002). De acordo com Campos et al. (2010), a mineração subterrânea consiste na abertura de poços, planos inclinados, ou galerias de encosta para extração do minério, transporte de materiais e de pessoal; e o processo de extração de carvão a partir do método de lavra a céu aberto implica em operações de remoção da cobertura de material estéril e a extração da camada de carvão descoberta.

No estado do Rio Grande do Sul, a jazida de Candiota, localizada na Região da Campanha e pertencente à Companhia Riograndense de Mineração, possui 38% de todo o carvão mineral do país (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2015) e o processo de

mineração é realizado através do método de lavra a céu aberto, que de acordo com Schultze (1998) é realizado da seguinte forma: retirada do solo superficial (horizonte A); retirada dos horizontes B e C (constituído de argila); perfuração e detonação do arenito; descobertura do carvão através de uma walking-drag-line; perfuração, detonação e extração do carvão do banco superior (BS) e do banco inferior (BI), com separação do argilito intermediário; recomposição topográfica, constituída pelos materiais de cobertura, com ou sem o aproveitamento de vazios para deposição de cinzas; deposição da “terra vegetal” sobre a área recomposta topograficamente; estabelecimento de práticas de preparo, conservação e correção do solo; e plantio de espécies vegetais.

A extração de carvão a céu aberto provoca uma intensa alteração topográfica e hidrológica na área, eliminando a vegetação nativa, tornando o ambiente degradado, tendo, como consequência desse processo, solos construídos com baixo teor de matéria orgânica, baixa qualidade estrutural e reduzida atividade microbiana, limitando o estabelecimento da vegetação, assim, restringindo a restauração dos solos minerados (USSIRI; LAL; JACINTHE, 2006). As propriedades dos solos após a mineração de carvão variam muito em relação ao solo natural, pois a operação de mineração tende a misturar material de várias partes da coluna geológica, misturando o material ao acaso (SCHAFER, 1980).

1.2.2 Recuperação de áreas mineradas na Mina de Carvão de Candiota, Rio Grande do Sul

A recuperação de áreas degradadas pode ser definida por um conjunto de ações planejadas e realizadas por conhecedores das mais diferentes áreas, os quais tendem a proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural (DIAS; GRIFFITH, 1998).

A mineração de carvão gera uma grande quantidade de rejeitos, que são depositados em pilhas ou barragens próximas às áreas mineradas, independente da forma de extração. A cada 1000 kg de material minerado, são depositados no entorno da área minerada quase 600 kg de “rejeitos e estéreis” (NASCIMENTO et al., 2002). De acordo com Pinto (1997), para diminuir os problemas ambientais, os rejeitos devem ser realocados no local de origem, após a mineração. No entanto, a operação de mineração geralmente mistura o material de várias partes da coluna geológica, sendo esta a razão do porquê que as propriedades dos solos minerados variam bastante em escalas de distâncias menores do que o solo natural (SCHAFER, 1980).

A Lei n. 6.938 de 1981 - Política Nacional do Meio Ambiente - determina a recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 1981) e o Decreto n. 97.632/1989 determina que as áreas degradadas por atividades de mineração sejam recuperadas e que, a recuperação proporcione à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (BRASIL, 1989). A Lei n. 7.805 de 1989 que alterou o Decreto-lei n. 227 de 1967, responsabiliza o minerador legalmente autorizado, pela reparação dos danos causados ao ambiente (BRASIL, 1987).

Na mina de Candiota, as áreas mineradas passam pelo processo de recuperação. Atualmente, esse processo começa com a recomposição topográfica que é realizada com tratores de esteira que aplainam os cones de material estéril tentando deixar a área com características mais próximas da área original. O próximo passo é a deposição de terra vegetal, ou seja, deposição de solo orgânico retirado de frentes de mineração sobre a área aplainada. O solo é corrigido, adubado e recebe um coquetel de sementes de gramíneas para iniciar a sua revegetação. Esta área é devolvida a seu proprietário, se arrendada, para voltar a fazer o seu papel econômico. Após a recuperação da área, é feito um monitoramento de seus efluentes líquidos a fim de verificar a qualidade e o pH destes. O solo também é monitorado, pois sua fertilidade deve ser mais próxima possível aos padrões da região (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO, 2015).

1.2.3 Bioindicadores de qualidade ambiental

Os organismos indicadores são definidos como aqueles que podem fornecer informações sobre as condições de um ecossistema, pois algumas espécies animais e vegetais sofrem alterações na composição e no tamanho de suas comunidades em resposta a alterações ambientais (LIMA, 2000). A utilização de organismos vivos como indicadores de qualidade ambiental é vista como uma excelente estratégia para o monitoramento ambiental, sendo uma ferramenta importante a ser utilizada no acompanhamento de áreas degradadas (OLIVEIRA; MATOS; GONÇALVES, 2001; WINK et al. 2005). Os indicadores ecológicos destacam-se dentre os organismos indicadores e são utilizados para avaliar as condições ou o comportamento do ecossistema como um todo, fornecendo informações sobre o estado de um *habitat*, no qual os organismos existem em condições naturais de competição (RÉ, 2007).

Segundo Santos et al. (2006), os padrões de mudança na biodiversidade provocados por ações humanas podem ser detectados e monitorados através de espécies, ou grupo de espécies, que atuam como bioindicadoras de degradação ambiental. Os insetos pertencem ao grupo de animais com maior diversidade de espécies no mundo e estima-se que quase um terço das

espécies de organismos vivos sejam insetos (CAETANO, JAFFÉ; ZARA, 2002). Devido à alta diversidade e a sensibilidade a modificações do ambiente físico e biológico, muitos grupos de insetos são utilizados como bioindicadores (SANTOS et al., 2006).

Para um organismo poder ser utilizado com eficiência como indicador das condições de preservação, degradação ou de recuperação ambiental deve possuir atributos particulares, tais como: riqueza de espécies local e global, facilidade para serem amostradas, possibilidade de identificação das espécies ou de separação em morfoespécies, importância ecológica e respostas rápidas aos estresses ambientais. Dentre os invertebrados terrestres, as formigas, por possuírem estes atributos e pelo fato de terem sua diversidade relacionada com vários outros componentes bióticos, são boas indicadoras do estado de conservação dos ecossistemas terrestres (ALONSO, 2000; ANDERSEN, 1997; MAJER, 1983; SILVA; BRANDÃO, 1999). Os insetos da família Formicidae possuem alto potencial de serem empregados em estudos de biodiversidade porque têm grande importância ecológica, distribuição geográfica ampla, alta riqueza local e regional, dominância numérica, possuem a taxonomia e ecologia relativamente bem conhecidas, são sensíveis a mudanças ambientais e facilmente amostrados (ALONSO; AGOSTI, 2000). Múltiplos estudos buscam compreender os impactos ocasionados pelas constantes simplificações dos ecossistemas naturais através da análise das comunidades de formigas (MAJER, 1996).

Conforme Alonso (2000), a maioria das espécies de formiga é estacionária, ou seja, com ninhos perenes e forrageamento relativamente restrito a intervalos de menos de um metro a algumas centenas de metros. De tal modo, as formigas são presentes de forma constante em um sítio, em comparação com outros insetos que se movem com frequência entre *habitats* em busca de alimento, podendo ser confiavelmente amostradas em um monitoramento.

Algumas espécies de formigas são utilizadas para avaliar o grau de perturbação ambiental, dentre elas estão a *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863), formiga oportunista que possui alta capacidade de adaptação e multiplicação em meios antropizados (DELABIE, 1988), e *Ectatomma edentatum* (Roger, 1863), e os gêneros *Pheidole* e *Solenopsis*, que tendem a aumentar sua riqueza específica quando ocorrem alterações na vegetação original (BROWN Jr., 2000).

Assim, para verificar a qualidade ambiental através de estudos da mirmecofauna pode-se avaliar: a presença ou ausência de espécies raras indicadoras de estágios sucessionais definidos; as diferenças entre populações de diferentes áreas; e os grupos funcionais associados as condições específicas do *habitat* (KREMEN et al., 1993).

1.2.4 Mirmecofauna (Hymenoptera: Formicidae)

As formigas estão presentes em todos os ambientes terrestres, exceto nos círculos polares, apresentando maior abundância, frequência e diversidade nos trópicos. Apesar de pertencerem a uma única família da ordem Hymenoptera, família Formicidae, é estimado que representam entre 30 a 50% da biomassa animal terrestre de toda floresta amazônica. Estão distribuídas em aproximadamente 13.000 espécies, 16 subfamílias e 330 gêneros. Na Região Neotropical, que se estende desde a Terra do Fogo até o deserto do México, são encontradas 13 subfamílias, 142 gêneros e aproximadamente 3.000 espécies descritas. No Brasil, existem mais da metade das espécies descritas para a Região Neotropical, cerca de 1.458 distribuídas em 111 gêneros (BACCARO et al., 2015).

Entre os insetos, a sociabilidade é desenvolvida em diferentes níveis. As sociedades das formigas são consideradas as mais complexas do reino animal, comparando-se apenas às sociedades de cupins, de algumas espécies de abelhas e de vespas (CAETANO; JAFFÉ; ZARA, 2002; DIEHL-FLEIG, 1995). Segundo Bacarro et al. (2015), todas as espécies de formiga são insetos eusociais, ou seja, possuem três características que determinam o comportamento social: divisão de tarefas, onde indivíduos estéreis ou quase estéreis trabalham em prol de indivíduos férteis da mesma espécie; indivíduos da mesma espécie trabalham em conjunto para criar indivíduos mais jovens; e existe sobreposição de pelo menos duas gerações em determinado momento do desenvolvimento colonial, onde indivíduos mais jovens trabalham em prol de indivíduos mais velhos.

Algumas espécies da família Formicidae formam colônias de até 300 milhões de indivíduos em um só ninho, no qual cada um exerce a sua função específica para beneficiar toda a colônia (CAETANO; JAFFÉ; ZARA, 2002). Assim, para realizar as complexas atividades dentro de uma colônia, as formigas estão agrupadas em castas que são grupos especializados da colônia exercendo diferentes funções (FERNÁNDEZ, 2003), como as rainhas (fêmeas aladas reprodutivamente férteis, responsáveis pela dispersão, colonização de uma área, fundação do ninho e postura dos ovos); as operárias (fêmeas estéreis, responsáveis pela maior parte das funções dentro e fora do ninho); e os machos (tem como função apenas a reprodução) (BACCARO et al., 2015).

O ciclo de vida de uma colônia, por exemplo, o ciclo de formigas cortadeiras, pois há variações de acordo com cada espécie de formiga, pode ser dividido em três fases: fundação, crescimento e reprodução. A fase de fundação começa com o voo nupcial, em que a rainha virgem ou princesa deixa para trás sua mãe, que é a rainha da colônia, e suas irmãs, saindo do

ninho em que foi criada. A rainha virgem, depois de inseminada por pelo menos um macho, arranca suas asas e procura um local adequado para a construção do ninho. Uma vez escolhido o local, a rainha inseminada, coloca os primeiros ovos (BACCARO et al., 2015; FERNÁNDEZ, 2003; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Quando as primeiras larvas se tornam adultas, começa a fase de crescimento de uma colônia. A partir disso, a rainha passa a colocar ovos e controlar quimicamente a colônia, através de feromônios, e as operárias assumem as tarefas de procurar alimento, cuidar das novas larvas, manter e aumentar o ninho e defender a colônia. A fase de crescimento acaba quando a colônia torna-se grande suficiente para produzir indivíduos reprodutivos.

Após a fase de crescimento, os recursos da colônia são direcionados para a criação de machos e fêmeas férteis, iniciando a fase reprodutiva da colônia. Nesta fase, menos recursos são dados para o crescimento para novas operárias, assim as colônias param de crescer ou até diminuem de tamanho, isto porque os indivíduos reprodutivos são maiores que as operárias, precisando de mais recursos para seu desenvolvimento. Os indivíduos férteis, quando prontos e com condições ambientais favoráveis para a cópula, saem do ninho para o voo nupcial. Após a cópula com indivíduos de outras colônias, as fêmeas procuram um local para nidificação, completando o ciclo de vida de uma colônia, e os machos morrem (BACCARO et al., 2015).

Segundo Cushman, Martinsen e Mazeroll (1988), as formigas apresentam uma excelente capacidade migratória e de forrageio, ocupando diferentes nichos e estratos ecológicos nas florestas tropicais em um curto intervalo de tempo. A distribuição de suas colônias varia em função da densidade e do tamanho da mesma e a dinâmica e organização estabelecidas na colônia podem variar entre as espécies. Seus ninhos são construídos nos mais diversos locais. Algumas espécies constroem ninhos que são facilmente encontrados devido aos murundus (monte de terra que fica depositado sobre o solo ao redor da entrada do ninho), outras passam todo o seu ciclo de vida no subsolo. Existem ainda aquelas que são totalmente arborícolas e as que vivem na serapilheira utilizando todo o substrato para nidificar. Os ninhos também são construídos dentro de frutos secos, entre folhas em decomposição, em ninhos de cupins (abandonados ou não), em troncos de árvore em decomposição e no solo. Existe um grupo de espécies de formigas que não vive em ninhos fixos, sendo chamadas de formigas de correição ou nômades, pois essas espécies formam formigueiros temporários utilizando o próprio corpo das operárias como paredes (BACCARO et al., 2015).

A ampla distribuição da maioria das formigas pelos ecossistemas é explicada pelo fato de que possuem hábitos oportunistas e dieta generalista (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Brandão, Silva e Delabie (2009), descrevem as formigas em guildas (grupos funcionais

alimentares) na Região Neotropical, sendo elas: a) formigas predadoras generalistas epigéicas: é constituída por espécies que forrageiam isoladamente na superfície do solo à procura de presas (artrópodes e outros invertebrados), como espécies dos gêneros *Dinoponera*, *Odontomachus*, *Pachycondyla* e *Ectatomma*; b) formigas predadoras generalistas hipogéicas: esse agrupamento é composto por espécies que forrageiam exclusivamente o interior da serapilheira e capturam suas presas, geralmente pequenos artrópodos, no interior da serapilheira, são espécies dos gêneros *Hypoponera*, *Gnamptogenys*; c) especialistas: são espécies com morfologia e biologia especializadas, raramente estudadas, como representantes de Myrmicinae, Ectatominae, Ponerinae, Proceratiinae, entre outras; d) predadoras dacetíneas: é constituída por cinco gêneros da tribo Dacetini. São predadoras de Collembola entomobrídeos e esminturídeos, predando também outros pequenos artrópodes; e) predadoras arborícolas: esta guilda é composta por espécies que forrageiam ativamente na vegetação, predando diversos artrópodos, como algumas espécies do gênero *Pachycondyla* e *Gnamptogenys*; e) formigas generalistas: esse grupo inclui significativa parte da riqueza em formigas de diversas comunidades locais. A alimentação das espécies desse grupo é rica em itens alimentares coletados e no repertório de comportamentos usados nas interações intra e interespecíficas; f) formigas cultivadoras de fungo; g) formigas legionárias: a maioria das espécies desse grupo são em grande parte ou exclusivamente carnívoras e que de acordo com o local de forrageamento podem ser separadas em epigéicas ou hipogéica; h) formigas arborícolas dominantes associadas a recursos açucarados e domácias: alimentam-se de recursos alimentares líquidos de ampla distribuição na vegetação; i) formigas arborícolas que se alimentam se pólen; e j) formigas subterrâneas: constituída por espécies que vivem exclusivamente nas camadas mais profundas do solo.

Macedo, Berti Filho e Delabie (2011) afirmam que as guildas permitem comparar ambientes em diferentes condições, sendo uma ferramenta ecológica importante para estes tipos de estudos. Essa premissa fortalece a contribuição para a ciência sustentado por levantamentos sistemáticos da mirmecofauna.

1.2.5 Métodos de coleta

A amostragem de insetos da família Formicidae pode ser realizada através de dois tipos de métodos de captura: os métodos passivos (armadilhas de solo tipo pitfall, iscas atrativas e gabarito quadrante) que são fáceis de serem reproduzidos e dependem da atividade das formigas nos pontos de amostragem para obtenção dos dados, e os métodos ativos (amostragem direta, contagem de colônias e amostragem intensiva) são métodos difíceis de serem reproduzidos com

exatidão, porque exigem que os pesquisadores procurem as formigas nas áreas de estudo (BESTELMEYER et al., 2000). Ainda de acordo com Bestelmeyer et al. (2000), os métodos de extração através de Funil de Berlese e Extrator de Winkler são tanto ativos quanto passivos, dependendo da técnica utilizada pelo pesquisador e as reações das formigas aos estímulos comportamentais.

1.2.5.1 Iscas atrativas

O método de amostragem a partir de iscas atrativas consiste em porções de alimentos colocados em um quadrante de papel ou tampas plásticas, podendo ser uma fonte de proteína ou açúcar, utilizados para atrair formigas para os pontos onde elas podem ser recolhidas ou observadas (BESTELMEYER et al., 2000; SARMIENTO-M, 2003).

As iscas são utilizadas para estimar a composição e a riqueza de espécies da fauna de formigas que transitam sobre o solo, para analisar a atividade e comportamento de formigas em estudos de estrutura de comunidades e para a estimativa das contribuições de espécies de formigas para o ecossistema (BESTELMEYER et al., 2000). As espécies de formiga que são capturadas frequentemente por esse método, segundo Sarmiento-M (2003), são generalistas ou dominantes e a avaliação contínua da mirmecofauna através deste método pode revelar mudanças na composição da fauna de formigas.

A distância entre a localização das armadilhas, foi avaliada por Baccaro, Ketelhut e Morais (2011) na Amazônia Central para verificar a abundância e riqueza de formigas e foi observado que as iscas distantes 10 m e 20 m entre si, coletaram aproximadamente 50% mais espécies em relação as iscas distantes a 2,5 m e 3,3 m entre si. De acordo com Sarmiento-M (2003), a distância entre as unidades de amostragem pode ser considerada um elemento importante, porém a mirmecofauna pode não variar significativamente dentro de uma floresta a distâncias de até 100 metros, segundo sugerem alguns estudos. Então, para padronizar o método de amostragem entre os pesquisadores e permitir comparações futuras, Sarmiento-M (2003), propõe unidades de amostragem a cada 10 metros.

O tempo de exposição das armadilhas sugerido por Bestelmeyer et al. (2000) é entre 60 e 90 minutos, tempo este, suficiente para a descoberta da isca pelas formigas e recrutamento de espécies dominantes. Entretanto, Freitas, Francini e Brown Jr. (2003), afirmam que o período de exposição das iscas atrativas deve ser de 60 minutos, porque um tempo maior de exposição pode resultar na dominância de algumas espécies.

Assim, conforme Baccaro et al. (2015) a coleta de indivíduos da família Formicidae através de iscas atrativas é influenciada pelo tipo de alimento oferecido, pelo tempo de exposição e pela hora do dia, sendo este, um método de coleta fácil de ser utilizado, de baixo custo e de rápida instalação.

1.2.5.2 Funil de Berlese

O funil de Berlese é utilizado para a separação de insetos do solo ou serapilheira, sendo o mais usado na amostragem de micro e macroartrópodes do solo (AZEVEDO FILHO; PRATES Jr, 2005; RODRIGUES et al., 2008). Este método de extração apresenta uma adaptação do original desenvolvido por Berlese, em 1905, que foi modificado por Tüllgren em 1917 (GARAY, 1989). Existem inúmeras variações na forma, tamanho e composição de materiais, porém todas são utilizadas com o mesmo propósito, a formação de um gradiente de temperatura, que faz com que os artrópodes migrem para baixo e caiam em um recipiente com um líquido fixador (RODRIGUES et al., 2008).

Ainda de acordo com Rodrigues et al. (2008), nesta metodologia os insetos saem da amostra espontaneamente, necessitando de pouca mão-de-obra, sendo esta a maior vantagem da utilização do Funil de Berlese quando comparada a metodologias que necessitam da retirada manual de insetos. Outra vantagem é que é possível amostrar uma grande diversidade de artrópodes tanto da mesofauna quanto da macrofauna. Porém, alguns invertebrados de pouca mobilidade podem não ser capazes de deixar a amostra antes que ela seja totalmente desidratada, morrendo antes de chegar ao recipiente coletor, sendo uma limitação deste método devido ao seu princípio de extração. Outra limitação é que o conjunto de funis é fixo em um local e é recomendado que as amostras sejam transferidas para os funis no mesmo dia da coleta.

Este método de extração é composto por um conjunto de funis com uma fonte de luz e calor no topo e recipientes coletores embaixo (RODRIGUES et al., 2008). A serapilheira ou o solo coletado é colocado no funil possibilitando a queda dos insetos em um frasco coletor colocado na parte inferior. Essa amostra é submetida à luz e calor por sete dias, para que haja um gradiente de temperatura e umidade, assim, devido ao calor, os artrópodes movem-se para baixo caindo no frasco contendo uma solução preservativa (AQUINO; CORREIA; BADEJO, 2006).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília: Aneel, 2008. 236p.
- ALONSO, L. E.; AGOSTI, D. Biodiversity studies, monitoring, and ants: an overview. In: AGOSTI, D et. al. (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. cap. 1, p.1-8.
- ALONSO, L. E. Ants as indicators of diversity. In: AGOSTI, D. et al (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. cap. 6, p. 80-88.
- ANDERSEN, A. N. Using ants as bioindicators: Multiscale issues in ant community ecology. **Conservation Ecology**, Wolfville, v. 1, n. 1, p. 8, 1997. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol1/iss1/art8/>>. Acesso em: 23 nov. 2015.
- ANDERSEN, A. N. et al. Using ants as bioindicators in land mangement: simplifying assesment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, London, v.39, p. 8-17, 2002.
- AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da mesofauna edáfica utilizando Funis de Berlese-Tüllgren modificado**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4 p. (Circular técnica, 17)
- AZEVEDO FILHO, W. S.; PRATES Jr, P. H. S. **Técnicas de coleta e identificação de insetos**. 2 ed. Porto Alegre: Edipucrs, 2005. 97p.
- BACCARO, F. B.; KETELHUT, S. M.; MORAIS, J. W. Efeitos da distância entre iscas nas estimativas de abundância e riqueza de formigas em uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 1, p. 115-122, 2011.
- BACCARO, F. B. et al. **Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil**. Manaus, Editora INPA. 2015. 388 p.
- BESTELMEYER, B. T. et al. Fiel techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. In: Agosti D. et al. (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. cap. 9, p. 122-144.
- BIAGIOTTI, G. **Interações entre a comunidade de formigas e as variáveis ambientais em voçoroca sob regime de regeneração natural**. 2011. 53 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- BORBA, R. F. **Carvão Mineral**. Balanço Mineral Brasileiro – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2001.
- BRANDÃO, C. R. F.; SILVA, R. R.; DELABIE, J. H. C. Formigas (Hymenoptera). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. R. (Ed.). **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o**

manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 9, p. 323-370.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Diário Oficial da União, Brasília, DF, 31 de agosto de 1981. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 27 out. 2015.

BRASIL. Lei n. 7.805, de 18 de julho de 1989. Altera o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o regime de permissão de lavra garimpeira, extingue o regime de matrícula, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de julho de 1989. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7805.htm>. Acesso em: 27 out. 2015.

BRASIL. Decreto n. 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227.htm>. Acesso em: 27 out. 2015.

BROWN JR., W. Diversity of ants. In: D. AGOSTI, D. et al. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. cap. 5, p. 45-79.

CAETANO, F. H.; JAFFÉ, K.; ZARA, F. J.; **Formigas: biologia e anatomia**. Rio Claro: F.H.C., 2002. 42 p.

CAMPOS et al. Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.9, n.2, p. 198-205, 2010.

CUSHMAN J. H.; MARTINSEN, G. D; MAZEROLL, A. I. Density and size – dependent spacing of ant nests: evidence for intraespecific competition. **Oecologia**, v. 77, p. 522-525, 1988.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO. **Etapas da mineração e recuperação ambiental**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: < <http://www.crm.rs.gov.br/lista/531/Etapas-da-mineracao-e-recuperacao-ambiental#.VrSapbIrLIU>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

DELABIE, J. H. C. Ocorrência de *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera: Formicidae, Myrmicinae) em cacauais na Bahia, Brasil. **Theobroma**, v. 1, p. 151-157, 1988.

DELABIE, J.H.C., BENTON, F.P.; MEDEIROS, M.A. La polydomie de Formicidae arboricoles dans les cacaoyères du Brésil: optimisation de l'occupation de l'espace ou stratégie défensive? **Actes des Colloques Insectes Sociaux**, v.7, p.173-178, 1991.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos, 1998. p. 1-7.

DIEHL-FLEIG, E. **Formigas: organização social e ecologia comportamental**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 1995. 168 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 07 nov. 2015.

FERNANDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Acta Nocturna, 2003. 418p.

FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B.; BROWN JR, K. S. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN, JR. L.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R. (Ed.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Ed. Universidade Federal do Paraná, 2006. cap. 5, p. 125-152.

GARAY, I. **Relations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques**. Paris: écoles Normale Supérieure, 1989. 192 p. (Publications du Laboratoire de Zoologie, n. 35).

HOFFMANN B. D., GRIFFITHS A. D., ANDERSEN A. N. Responses of ant communities to dry sulfur deposit form mining emissions in the semi-arid tropical Australia, with implications for the use of functional groups. **Austral Ecology**, Australian, v.25, p. 653-63, 2000.

HÖLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The Ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990. 738p.

HOLEC, M.; FROUZ, J. Ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in reclaimed and unreclaimed brown coal mining spoil dumps in the Czech Republic. **Pedobiologia**, Jena, v. 49, n. 4, p. 345-357, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

KOPPE, J. C.; COSTA, J. F. C. Mineração. In: TEIXEIRA, E. C (Coord.). **Meio ambiente e carvão: impactos da exploração e utilização**. Porto Alegre, RS: FEPAM, p.15-27, 2002.

KREMEN, C. et al. Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. **Conservation Biology**, v.7, n.4, p.796-808, 1993.

LIMA, J. S. Bioindicação em ecossistemas terrestres. **TEC HOJE**, Instituto de Educação Tecnológica, 2000. Disponível em: <www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/abrirPDF/173>. Acesso em: 28 out. 2015.

MACEDO, L. M., BERTI FILHO E., DELABIE, J. H.C. Epigeal ant communities in Atlantic Forest remnants of São Paulo: a comparative study using the guild concept. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 1, p. 75-78, 2011.

MAJER, J.D. Ants: bioindicators of Minesite Rehabilitation, land use, and land conservation. **Environmental Management**, New York, v.7, p.375-383, 1983.

MAJER, J. D. et al. Recolonization by ants in bauxite mines rehabilitated by a number of different methods. **Journal Applied Ecology**, London, v.21, p. 355-375, 1984.

MAJER, J.D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v.8, p. 97-108, 1992.

MAJER, J.D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. **Journal Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, p. 257-273, 1996.

MAJER, J. D.; DELABIE, J. H. C.; MCKENZIE, N. L. Ant litter fauna of forest, forest edges and adjacent grassland in the Atlantic rain forest region of Bahia, Brazil. **Insectes Sociaux**, Paris, v. 44, p. 255-266, 1997.

MCGEOCH, M. A. The selection, testing application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Review**, Cambridge, v. 73, n. 1, p. 181-201, 1998.

NASCIMENTO, F. M. F. et al. Impactos Ambientais nos recursos hídricos da exploração de carvão em Santa Catarina. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA A CÉU ABERTO E II CONGRESSO BRASILEIRO DE MINA SUBTERRÂNEA, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2002.

NIEMI, G. J.; MC DONALD, M. E. Application of ecological indicators. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. Palo Alto, v. 35, p 89-111, 2004.

OLIVEIRA, C. R. F.; MATOS, C. H.C.; GONÇALVES, J. R. Porque os insetos podem ser considerados bons bioindicadores ecológicos? **Folha Florestal**, Viçosa, n. 99, p. 12-13, jan./mar. 2001.

PEREIRA, M. P. S. et al. Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.

PINTO, L.F.S. **Potencial de acidificação e de neutralização dos materiais geológicos para a composição do solo construído em áreas de mineração de carvão**. 1997. 186p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1997.

RÉ, T. M. **O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas**. 2007. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

REIS, A.; ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. **Recuperação de áreas degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série Cadernos da Biosfera, 14. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, São Paulo, 1999. 42p.

RIBAS et al. Formigas podem ser utilizadas como bioindicadoras de recuperação após impactos ambientais? **Biológico**, São Paulo, v.69, suplemento 2, p.57-60, 2007.

RIBAS, C. R. et al. Ants as Indicators of the Success of Rehabilitation Efforts in Deposits of Gold Mining Tailings. **Restoration Ecology**, Washington, v. 20, n. 6, p. 712-720, 2012.

RODRIGUES, K. M. et al. **Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados para amostragem de Macroartrópodes de Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 6 p. (Circular técnica, 22).

SANCHEZ, J. C. D.; FORMOSO, M. L. L. **Utilização do carvão e meio ambiente**. Porto Alegre: CIENTEC, 1990. 34p.

SANTOS M.S. et al. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Ilheringia**, Sér. Zool, Porto Alegre, v. 96, n.1, p. 95-101, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/isz/v96n1/a17v96n1.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

SARMIENTO-M, C. E. Metodologías de captura y estudio de las hormigas. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003. cap. 12, p. 201-210.

SCHAFER, W.M. et al. Minesoil genesis and morphology in a spoil chronosequence in Montana. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p. 802-807, 1980.

SCHULTZE, J. P. S. **Recuperação de áreas mineradas**. Estudo da mina de carvão de Candiota-RS. Seminário do Curso de Mestrado em Geologia, UNISINOS, São Leopoldo, RS, 1998. 23p.

SILVA, R. R.; BRANDÃO, C. R. F. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. **Biotemas**, v. 12, n. 2, p. 77-73, 1999.

SILVESTRE, R. **Estrutura das comunidades de Formigas do Cerrado**. 2000. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Ciências e letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, SP, 2000.

USSIRI, D.A.N.; LAL, R.; JACINTHE, P. A. Post reclamation land use effects on soil properties and carbon sequestration in minesoils of southeastern Ohio. **Soil Science**, v. 171, p. 261-271, 2006.

WINK, C. et al. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005. Disponível em: <http://rca.cav.udesc.br/rca_2005_1/wink.pdf>. Acesso: 18 nov. 2015.

2 MIRMECOFAUNA COLETADA COM ISCA ATRATIVA EM ÁREAS MINERADAS E NÃO MINERADAS

2.1 INTRODUÇÃO

As atividades mineradoras que visam a extração dos recursos minerais são muito importantes economicamente, porém são responsáveis por modificações ambientais como perda da biodiversidade, diminuição da fertilidade do solo, interferência nos recursos hídricos, além de alteração da paisagem devido a escavação de grandes volumes de solo (SANTOS, 2006). A intensidade das modificações ambientais geradas pela mineração é proporcional ao volume, tipo de mineração e rejeitos produzidos pela mina, pois cada minério precisa de processos específicos devido a sua localização geográfica e seus contextos geomorfológicos (RÉ, 2007). Em comunidades alteradas por atividades antrópicas, frequentemente observa-se uma diminuição no número de espécies e um aumento de dominância das espécies mais comuns, uma vez que essas perturbações resultam na simplificação do ambiente natural (ACCACIO et al., 2003).

As formigas são capazes de colonizar ambientes terrestres com poucos recursos para o seu desenvolvimento como, por exemplo, praias, dunas, áreas de mina a céu aberto, pastagens e vegetação pós queimadas, entre outros e, ainda, são muito importantes na pirâmide de fluxo de energia, desempenhando funções nos processos ecológicos como dispersão de sementes, herbivoria, ciclagem de nutrientes, estruturação química e física do solo, proteção de plantas contra herbívoros e sua interação com outros organismos (VAZ-DE-MELLO et al., 2009).

Como as formigas fazem parte da fauna do solo em diferentes ecossistemas de forma numerosa, o estudo das perturbações ambientais ocorridas em ecossistemas modificados através de estudos da biodiversidade e dinâmica desenvolvidos com esse grupo taxonômico são possíveis (MAJER, 1983; MAJER, 1996) e para isso são empregados muitos métodos de amostragem desses insetos. As iscas atrativas, segundo Bestelmeyer et al. (2000), são utilizadas para estimar a composição e a riqueza de espécies da fauna de formigas que forrageiam o solo, analisar a atividade e comportamento de formigas em estudos de estrutura de comunidades e para a estimativa das contribuições de espécies de formigas para o ecossistema, sendo um dos métodos utilizados para amostrar insetos da família Formicidae.

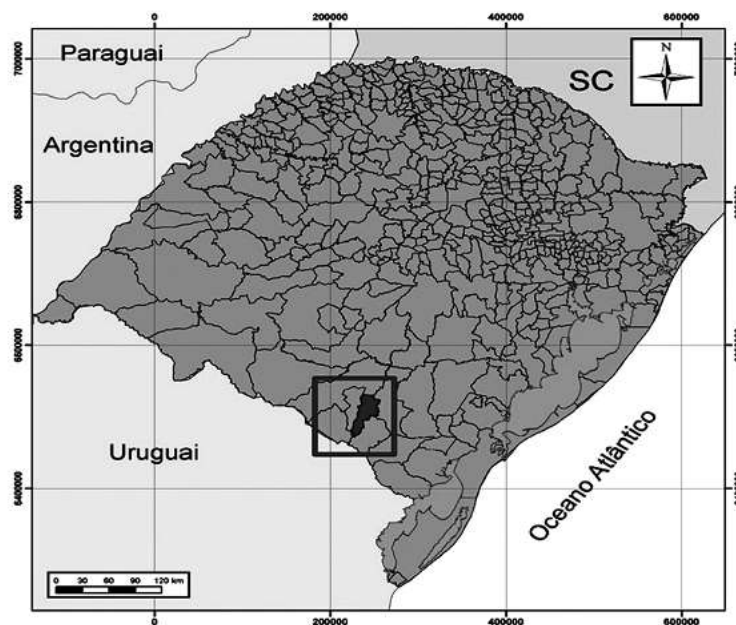
Assim, este estudo teve como objetivo identificar a mirmecofauna presente em áreas não mineradas e mineradas que sofreram processo de recuperação de uma mina de carvão utilizando isca atrativa como método de coleta.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas da mina de carvão da Companhia Riograndense de Mineração ($31^{\circ}32'50''$ S; $53^{\circ}46'36''$ W), localizada no município de Candiota (Figura 2.1), no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 2. 1 - Localização do município de Candiota, Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de ZVIRTES (2013).

A área em que foi desenvolvido o estudo pertence a região fisiográfica da Campanha (FORTES, 1979). O relevo varia de suave ondulado a ondulado, o que é característico da região. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico típico (EMBRAPA, 2006). O clima é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente (ALVARES et al., 2014), com temperatura média anual de 18°C e precipitação média anual de 1.350 mm, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961).

2.2.2 Distribuição e descrição dos tratamentos

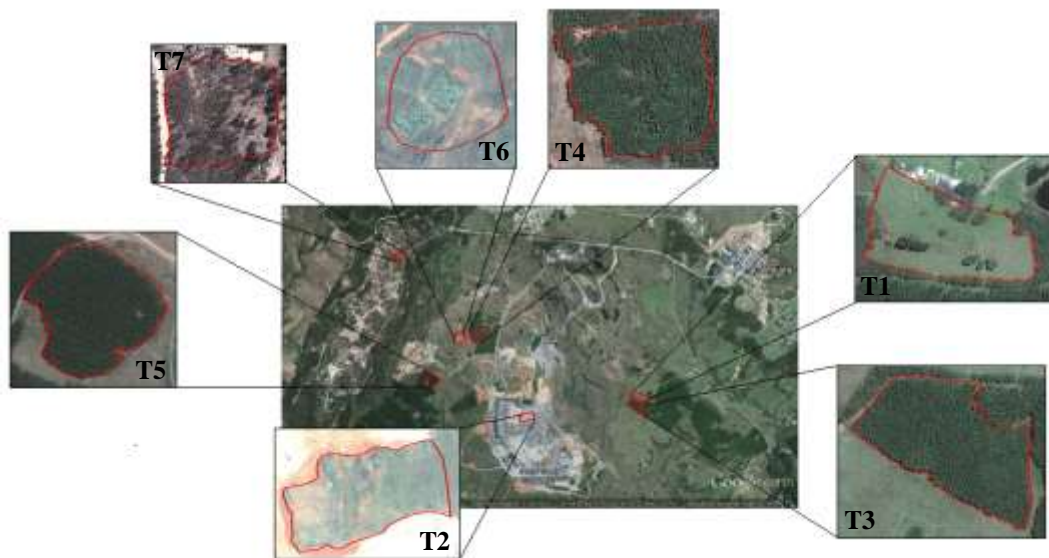
Para este estudo foi escolhido o delineamento experimental Inteiramente Casualizado (DIC).

Na área da mina de carvão de Candiota, foram distribuídos sete tratamentos (Figura 2.2), sendo eles:

- Tratamento 1 (T1): Campo nativo, área não minerada; localizado nas coordenadas 31° 34' 16,9" Sul e 53° 41' 46,7" Oeste, com predomínio de espécies vegetais das famílias Asteraceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae, Polynaceae e Solanaceae, e com uma área total de 2,20 ha.
- Tratamento 2 (T2): Campo nativo, área minerada; localizado nas coordenadas 31° 34' 20,3" Sul e 53° 42' 54,9" Oeste; área minerada que foi recuperada com o banco de sementes da vegetação local (recomposição topográfica, um metro de argila, 30 centímetros de terra vegetal, adubação e calagem e plantio de gramíneas para que não ficasse totalmente descoberta até a germinação do banco de sementes), com uma área total de 2,21 ha; com dois anos de idade, no início deste estudo.
- Tratamento 3 (T3): Plantio de *Acacia mearnsii* De Wild, área não minerada; plantio com sete anos de idade no início do estudo, 2,89 ha de área total, localizado nas coordenadas 31° 34' 20,2" Sul e 53° 41' 49,0" Oeste. O sub-bosque está constituído por serapilheira com espessura de 5 mm e por poucas espécies pertencentes às famílias Asteraceae, Caryophyllaceae, Gramineae e Poaceae, e algumas mirtáceas. A altura média das árvores do plantio é de 20,83 m e diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 19,85 cm.
- Tratamento 4 (T4): Plantio de *Acacia mearnsii* De Wild, área minerada; com área total de 2,84 ha, localizado nas coordenadas 31° 33' 44,9" Sul e 53° 43' 19,9" Oeste; é uma área que foi minerada e recuperada com recomposição topográfica, 30 centímetros de terra vegetal e plantio de acácia-negra. O sub-bosque está composto por serapilheira (1 cm) e espécies vegetais das famílias Asteraceae, Gramineae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae. Altura média das árvores é de 16,69 m e DAP médio 13,51 cm. O plantio estava com sete anos de idade, no início deste estudo.
- Tratamento 5 (T5): Plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden, área não minerada; localizado nas coordenadas 31° 34' 14,8" Sul e 53° 43' 42,1" Oeste, com área total de 2,73 ha, possuindo uma camada de serapilheira com cinco centímetros. No início do estudo, o plantio estava com sete anos de idade. Árvores com altura média de 24,9 m e DAP médio de 19,72 cm.

- Tratamento 6 (T6): Plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden, área minerada 1; localizado nas coordenadas 31° 33' 44,6" Sul e 53° 43' 33,5" Oeste, sofreu o processo de mineração e posterior recuperação com recomposição topográfica, 30 cm de terra vegetal e plantio de eucalipto. O sub-bosque está constituído por serapilheira de dois centímetros e algumas espécies vegetais das famílias Asteraceae, Gramineae, Poaceae e pteridófitas. Área total de 2,03 ha, altura média das árvores de 13,32 m e DAP médio igual a 13,37 cm. O plantio estava com sete anos de idade, no início do estudo.
- Tratamento 7 (T7): Plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden, área minerada 2; localizado nas coordenadas 31° 33' 19,6" Sul e 53° 44' 06,1", trata-se de uma área minerada onde foi realizada a recomposição topográfica utilizando mistura de rejeitos, cinza e terra vegetal, e posteriormente o plantio de *Eucalyptus dunnii*. O plantio apresentava aproximadamente 20 anos de idade, no início deste estudo.

Figura 2. 2 - Distribuição dos tratamentos na mina de carvão, em Candiota, Rio Grande do Sul.



Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6), plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7.) Fonte: Google Earth, 2015.

2.2.3 Amostragem da mirmecofauna

As coletas da mirmecofauna foram realizadas mensalmente através de iscas atrativas à base de proteína animal, no período de julho de 2014 a junho de 2015. Como isca, utilizou-se

patê de fígado de frango, pois possui fácil manuseio a campo e separação do material em laboratório (BOSCARDIN, 2012), segundo Boscardin et al. (2011) com esta proteína animal houve captura de maior riqueza de espécies de formigas coletadas em *Eucalyptus grandis* quando comparada com outros tipos de iscas. As armadilhas eram constituídas por papel toalha (110 cm²) e uma porção de cinco gramas de patê de fígado de frango sobre o papel.

Foram distribuídas 10 armadilhas aleatoriamente no interior de cada um dos tratamentos, para evitar o efeito de bordadura, distantes 10 metros entre si, totalizando 70 amostras em cada data de coleta. Depois de 60 minutos de exposição, cada armadilha foi recolhida em um recipiente plástico de 80 mL, contendo álcool 70%. Esses recipientes, devidamente etiquetados, eram armazenados em sacos plásticos com identificação de cada tratamento e levados ao Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS.

Em laboratório, o material coletado foi triado em um recipiente plástico coberto com uma tampa telada com auxílio de pinças, pincéis e água destilada. Após a triagem, com auxílio de microscópio estereoscópio, as formigas foram separadas em morfoespécies, identificadas a nível de gênero utilizando a chave de identificação para subfamílias e gêneros de formigas do Brasil do Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil (BACCARO et al., 2015) e receberam um código de identificação.

O material separado por morfoespécies foi levado ao Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, para identificação pelo Dr. Jacques Hubert Charles Delabie. As espécies identificadas permaneceram como testemunha no museu da instituição, sendo registradas sob o número #5783.

2.2.4 Análise faunística

2.2.4.1 Abundância total

A abundância total de formigas foi calculada pelo somatório do número de espécimes coletados em todo o período do estudo.

2.2.4.2 Frequência de ocorrência

Para verificar a frequência de ocorrência das espécies de formigas calculou-se a frequência absoluta de indivíduos a partir da frequência de ocorrência das espécies nas iscas,

para não ocorrer superestimativa, em função do efeito do tamanho das colônias e do comportamento de recrutamento de operárias, e não quanto ao número de indivíduos coletados (LONGINO, 2000; ROMERO; JAFFÉ, 1989).

A frequência de ocorrência relativa foi calculada com base na frequência absoluta, a partir da equação $\% = N/n \cdot 100$, em que $\%$ = frequência de ocorrência relativa, N = frequência de ocorrência absoluta (número de armadilhas em que foi encontrada determinada espécie) e n = número de armadilhas utilizadas no período do estudo.

Após o cálculo da frequência de ocorrência das espécies foi determinado o intervalo de confiança (IC) da média com 5% de probabilidade, seguindo a classificação segundo Silveira Neto et al. (1976): muito frequente (mf): número de indivíduos maior que o limite superior do IC a 5%; frequente (f): número de indivíduos situados dentro do IC a 5%; e pouco frequente (pf): número de indivíduos menor que o limite inferior do IC a 5%.

2.2.4.3 Riqueza das espécies de formigas

Foi calculada a riqueza observada e a estimada de espécies de formiga. A riqueza observada (S_{obs}) foi calculada pelo somatório do número de espécies de formigas coletadas no período de julho de 2014 a junho de 2015. A riqueza estimada (S_{est}) foi calculada utilizando os resultados de abundância, que foram tabelados na forma de matriz de ausência (0) e presença (1), e o estimador Jackknife 1 que calcula a riqueza estimada em função da abundância, utilizando o número de *singletons* (espécies representadas por somente um indivíduo). Os dados de riqueza estimada foram obtidos a partir do programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness an Shared Species from Samples) versão 9.1.0 (COLWELL, 2013).

A partir da porcentagem (%) da riqueza observada (S_{obs}) em relação à riqueza estimada (S_{est}) foi verificada a eficiência amostral para cada tratamento.

2.2.5 Índices de Diversidade e Similaridade

A partir dos índices de diversidade, diferentes comunidades podem ser comparadas, uma vez que uma pode ser mais rica em espécie do que a outra (FERREIRA; SILVA; FORTI, 1986).

O Índice de Diversidade de Shannon é determinado pela seguinte fórmula: $H' = -\sum p_i \ln p_i$, onde p_i é a proporção da espécie em relação ao número total de espécimes encontrado no levantamento (MAGURRAN, 2011). Este índice foi calculado para avaliar a diversidade de espécies de formigas nos diferentes tratamentos.

O Índice de Equitabilidade estima a distribuição das espécies na amostra, verificando a homogeneidade da ocorrência numérica das espécies. Segundo Matos, Silva e Berbara (1999), a equitabilidade é a relação entre a diversidade observada e a diversidade máxima, apresentando valores entre 0 e 1.

A similaridade na composição de espécies de comunidades de formigas nas diferentes áreas foi calculada a partir dos Índices de Morisita-Horn, o qual compara comunidades de forma quantitativa, e de Jaccard que compara comunidades de forma qualitativa.

Para calcular os Índices de Diversidade e de Similaridade utilizou-se o programa estatístico Past (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

2.2.6 Análise estatística

A abundância de espécimes e riqueza de espécies de formigas foram analisadas estatisticamente através de análise de variância. Os dados foram transformados para atender as condições de normalidade pela fórmula $x = (\sqrt{x+0,5})$ e submetidos ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, com 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

2.2.7 Dados meteorológicos

As variáveis meteorológicas utilizadas para relacionar com o número de espécies coletadas e com as três espécies mais abundantes foram: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. Os dados dessas variáveis meteorológicas foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através da Estação Meteorológica de Bagé, localizada a cerca de 60 km da área de estudo.

A estação meteorológica realiza as leituras diariamente, de hora em hora, porém na apresentação dos resultados foram considerados valores médios mensais para temperatura e umidade relativa do ar, e valor acumulado mensal para precipitação (Apêndice A).

Os dados das variáveis meteorológicas foram utilizados para verificar a correlação com a riqueza observada de espécies da família Formicidae e com as três espécies mais abundantes coletadas durante o estudo, através de correlação simples calculada pelo programa estatístico Assistat 7.7. beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Abundância e frequência de ocorrência das espécies de formigas

No período de julho de 2014 a junho de 2015, foram coletados 35.389 espécimes de formiga em áreas de mineração de carvão, mineradas e não mineradas. As formigas foram classificadas em cinco subfamílias, nove tribos, 15 gêneros e 40 espécies (Tabela 2.1).

Tabela 2. 1 - Abundância e riqueza de espécies de formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Subfamília/Tribo/Espécies | Tratamentos ¹ | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-----|------|-----|----|-----|-----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| DOLICHODERINAE ($S_{(obs)} = 7$) | | | | | | | |
| Dolichoderini | | | | | | | |
| <i>Dorymyrmex pyramicus</i> | - | 43 | - | 4 | - | - | 76 |
| <i>Dorymyrmex</i> sp.1 | 1 | 7 | - | 1 | - | - | 4 |
| <i>Forelius brasiliensis</i> | - | - | - | - | - | - | 245 |
| <i>Gracilidris pombero</i> | - | 20 | - | 16 | - | - | 31 |
| <i>Linepithema humile</i> | - | - | - | 9 | - | - | - |
| <i>Linepithema iniquum</i> | - | 1 | - | - | - | - | - |
| <i>Linepithema pullex</i> | - | 57 | - | 3 | - | 13 | 3 |
| ECTATOMMINAE ($S_{(obs)} = 1$) | | | | | | | |
| Ectatommini | | | | | | | |
| <i>Ectatomma edentatum</i> | 1 | - | 6 | - | 1 | - | - |
| FORMICINAE ($S_{(obs)} = 8$) | | | | | | | |
| Camponotini | | | | | | | |
| <i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp.1 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp.2 | - | 1 | - | - | - | 1 | 3 |
| <i>Camponotus fastigatus</i> | 130 | 243 | 7 | 29 | - | 26 | 60 |
| <i>Camponotus mus</i> | 10 | - | 1 | 2 | - | - | 41 |
| <i>Camponotus rufipes</i> | 3 | 4 | - | 44 | - | 132 | 14 |
| Plagiolepidini | | | | | | | |
| <i>Brachymyrmex admotus</i> | 6 | - | 9 | 184 | - | - | 454 |
| <i>Brachymyrmex heeri</i> | - | - | - | - | 1 | - | - |
| <i>Nylanderia</i> sp.1 | 4 | 2 | - | - | - | - | - |
| MYRMICINAE ($S_{(obs)} = 23$) | | | | | | | |
| Attini | | | | | | | |
| <i>Acromyrmex ambiguus</i> | - | - | - | 2 | - | - | - |
| <i>Pheidole aberrans</i> | 11 | - | - | 1 | - | 4 | - |
| <i>Pheidole astur</i> | 5 | - | 1815 | 245 | 72 | 55 | 20 |
| <i>Pheidole gages</i> | - | - | 619 | - | 55 | - | - |

Continua...

Tabela 2.1 – Conclusão...

| Subfamília/Tribo/Espécies | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Pheidole gertudae</i> | - | - | 1 | - | - | 1 | - |
| <i>Pheidole</i> grupo <i>Flavens</i> sp.1 | 358 | - | 685 | 2 | - | 50 | 161 |
| <i>Pheidole</i> grupo <i>Tristis</i> sp.2 | 1 | - | 8 | - | - | 8 | 3 |
| <i>Pheidole</i> grupo <i>Tristis</i> sp.3 | 31 | - | 275 | 65 | 1 | 2 | 323 |
| <i>Pheidole nitidula</i> | 1 | 1 | 7 | 2 | 282 | - | - |
| <i>Pheidole obscurithorax</i> | 26 | 22 | 121 | 1722 | 107 | 6 | 1520 |
| <i>Pheidole</i> prox. <i>zelata</i> | 563 | 33 | 1600 | 239 | 2634 | 1465 | 936 |
| <i>Pheidole puttemansi</i> | 522 | - | - | 44 | 90 | 164 | 1385 |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> | 916 | 20 | 950 | 86 | 948 | 1031 | 271 |
| <i>Pheidole synarmata</i> | - | - | - | - | 62 | - | - |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> | 14 | - | 170 | 26 | - | 52 | 3 |
| <i>Wasmannia rochai</i> | 2 | - | - | 3 | - | - | 2 |
| <i>Wasmannia</i> sp. | - | - | - | 1 | - | - | - |
| Crematogastrini | | | | | | | |
| <i>Crematogaster iheringi</i> | 7 | 18 | - | - | - | 16 | - |
| <i>Crematogaster quadriformis</i> | 90 | 21 | 6 | 4 | - | - | - |
| Pogonomyrmecini | | | | | | | |
| <i>Pogonomyrmex naegalii</i> | - | - | - | - | - | - | 2 |
| Solenopsidini | | | | | | | |
| <i>Solenopsis saevissima</i> | 4461 | 4343 | 6 | 3 | - | - | 155 |
| <i>Solenopsis</i> sp.1 | 304 | 224 | 45 | 70 | 9 | 28 | 670 |
| <i>Solenopsis</i> sp.3 | - | - | 1 | - | - | - | - |
| PONERINAE ($S_{(obs)} = 1$) | | | | | | | |
| Ponerini | | | | | | | |
| <i>Pachycondyla striata</i> | - | - | 21 | - | 3 | - | - |
| Número total de espécimes | 7467 | 5060 | 6353 | 2807 | 4265 | 3054 | 6383 |
| Riqueza observada (S_{obs}) | 23 | 17 | 20 | 25 | 13 | 17 | 24 |

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6), plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7.) Fonte: Leandra Pedron, 2016.

A área de campo nativo, área não minerada, foi onde registrou-se o maior número de espécimes coletados, com 7.467, representando 21,1% do total coletado. Na sequência, as áreas: plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2, que apresentou 6.383 (18,04%); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada, com 6.353 formigas (17,95%); campo nativo, área minerada, com 5.060 (14,3%); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada, com 4.265 (12,05%); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1, com 3.054 (8,63%) e com a menor abundância de formigas coletadas, a área com plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada, com 2.807 formigas (7,93%).

Conforme a Tabela 2.1, a abundância de formigas foi maior na área de campo nativo, área não minerada (T1), o que pode ter ocorrido devido a esta área não ter sofrido impacto ambiental e ter as características originais da vegetação local. A segunda maior abundância de espécimes foi no plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7). De acordo com Vasconcelos (1998), em locais que sofreram altos níveis de perturbação ambiental, há um aumento da abundância de formigas, sendo essa uma possível causa para a área do tratamento plantio de *E. dunnii*, área minerada 2, ter apresentado o segundo maior número de espécimes coletados. Outro fato que pode estar associado a esta área ter alta abundância de formigas é que esta passou pelo processo de recuperação há mais de 20 anos, sem posterior degradação e sem uso desta área para qualquer outro fim, tendo condições de nidificação e forrageamento para comunidades de formiga se estabelecerem novamente. Porém, o plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), apresentou o menor número de espécimes coletados, mesmo sendo uma área que sofreu processo de mineração, não concordando com o que o autor anteriormente citado comenta. Segundo Bestelmeyer et al. (2000) e Guisepe et al. (2006), outros fatores podem interferir nos resultados de densidade de espécimes e riqueza de espécies de formigas coletadas, como o número e tamanho das colônias presentes na área (dados que não foram analisados neste estudo), o tipo de método de captura e as variáveis ambientais.

A maior riqueza de espécies observada foi no plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), com $S_{(obs)} = 25$, seguido das áreas: plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7), com $S_{(obs)} = 24$; campo nativo, área não minerada (T1), com $S_{(obs)} = 23$; plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3), com $S_{(obs)} = 20$; campo nativo, área minerada (T2) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6), ambos com $S_{(obs)} = 17$; e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), que apresentou a menor riqueza de espécies observada, com $S_{(obs)} = 13$ (Tabela 2.1). Segundo Hoffmann e Andersen (2003), o número de espécies de formigas apresenta respostas variáveis a diferentes situações de acordo com o *habitat* e a intensidade da perturbação ou tempo decorrido desde a perturbação. Espécies presentes em áreas de mineração são generalistas com poucas exigências para alimentação e nidificação, permitindo sua persistência nessas áreas, uma vez que estas possuem menor complexidade que áreas que não sofreram o processo de mineração (BROWN et al., 2012; MAJER, 1983; MAJER; BRENNAN; MOIR, 2007). Em ambientes em estágio inicial de regeneração há invasão de espécies generalistas, o que torna o parâmetro riqueza de espécies, inadequado para avaliação da recuperação (RIBAS et al., 2012).

De acordo com a Tabela 2.1, das 40 espécies coletadas neste estudo, apenas quatro foram comuns a todas as áreas, sendo elas *Pheidole obscurithorax*, *Pheidole prox. zelata*, *Pheidole radoszkowskii* e *Solenopsis* sp.1. Esse fato pode ter ocorrido devido a essas espécies

apresentarem o mesmo hábito alimentar, sendo onívoras, pois segundo Rocha et al. (2015), espécies onívoras adaptam-se facilmente em diferentes ambientes.

Apesar das espécies citadas terem sido coletadas em todas as áreas, a frequência de ocorrência dessas variou de acordo com cada área. A espécie *Pheidole obscurithorax* foi muito frequente nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) e pouco frequente (pf) nas áreas com campo nativo, área não minerada (T1), campo nativo, área minerada (T2), plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3), plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6). A espécie *Pheidole prox. zelata* apresentou-se como muito frequente (mf) nas áreas de campo nativo, área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), frequente (f) na área de plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) e pouco frequente (pf) nas áreas de campo nativo, área minerada (T2), plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6). Outra espécie, que também teve sua ocorrência em todas as áreas foi *Pheidole radoszkowskii*, a qual foi muito frequente (mf) nas áreas de plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6), frequente (f) em campo nativo, área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), e pouco frequente (pf) nas áreas de campo nativo, área minerada (T2), plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7). A espécie *Solenopsis* sp.1 foi muito frequente (mf) no plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7), frequente (f) na área com campo nativo, área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), e pouco frequente (pf) em campo nativo, área minerada (T2), plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6) (Apêndice B).

Ao analisar a Tabela 2.1, percebe-se que a subfamília Myrmicinae foi, durante todo o estudo, a que apresentou a maior abundância de espécimes e riqueza de espécies (23 espécies), corroborando com Fowler et al. (1991) que descrevem a subfamília Myrmicinae como a mais abundante das regiões neotropicais. As espécies *Pheidole obscurithorax*, *Pheidole prox. zelata*, *Pheidole radoszkowskii* e *Solenopsis* sp.1 foram coletadas em todas as áreas. Enquanto que outras cinco espécies foram coletadas em apenas uma área, sendo elas: *Acromyrmex ambiguus* e *Wasmannia* sp. coletadas no plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), *Pheidole synarmata* no plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), *Pogonomyrmex naegalii* no plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) e *Solenopsis* sp.3 no plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3).

O gênero *Pheidole* apresentou a maior riqueza de espécies (13 espécies), possivelmente, porque espécies desse gênero apresentam grande capacidade de colonizar *habitats* alterados pelo homem e com baixa complexidade estrutural, considerando, ainda, que é o gênero mais abundante em número de colônias e indivíduos dentre os insetos da família Formicidae (FONSECA; DIEHL, 2004; WILSON, 1986).

Os demais gêneros da subfamília Myrmicinae, apresentaram baixa riqueza observada em relação ao gênero *Pheidole*. Os gêneros *Wasmannia* e *Solenopsis* foram representados por três espécies, *Crematogaster* apresentou duas espécies e, os gêneros, *Acromyrmex* e *Pogonomyrmex* apresentaram uma espécie. As espécies do gênero *Wasmannia* habitam ambientes de florestas e bosques secos, porém uma espécie, *W. auropunctata*, que foi coletada neste estudo, adaptou-se a ambientes perturbados e áreas de plantações (BACCARO et al., 2015). Embora o gênero *Solenopsis* tenha apresentado apenas três espécies, foi um dos gêneros que apresentou maior abundância de espécimes, o que pode ter ocorrido devido a esse gênero ser extremamente abundante, possuindo mais de 90 espécies descritas na região Neotropical (BRANDÃO, 1999), e as espécies serem generalistas no que se refere ao *habitat* e à dieta (GONÇALVES; NUNES, 1984), se destacando devido a sua agressividade na utilização de recursos do solo e serapilheira, sendo frequentes em ambientes nativos, bem como em ambientes alterados (DELABIE; FOWLER, 1995).

A segunda subfamília em número de espécies foi Formicinae com oito espécies, três gêneros e duas tribos. A espécie *Camponotus fastigatus* foi coletada em quase todas as áreas, não ocorrendo apenas no plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5). Já a espécie *Brachymyrmex heeri*, foi coletada somente na área do plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), sendo também a única espécie da subfamília Formicinae coletada nesta área (Tabela 2.1).

O gênero *Camponotus*, pertencente a tribo Camponotini, apresentou cinco espécies, apresentando a maior riqueza de espécies dentro da subfamília Formicinae. Essas espécies foram coletadas em áreas não mineradas e em áreas mineradas (Tabela 2.1). Esse gênero é considerado o segundo mais diversificado em espécies do mundo e, em geral, as espécies são oportunistas e generalistas em termos de dieta e local para nidificação (WILSON, 1976; SILVESTRE, 2000). Apresenta grande abundância em determinado ambiente e é característico de ambientes degradados (MACEDO, 2004). Simas, Costa e Simas (1997), afirmam que as formigas desse gênero têm larga ocorrência no Estado do Rio Grande do Sul.

Da tribo Plagiolepidini, pertencente à subfamília Formicinae, foram coletados dois gêneros. O gênero *Brachymyrmex*, representado por duas espécies, *Brachymyrmex admotus* que foi coletada em quatro áreas, sendo elas: campo nativo, área não minerada (T1), plantio de *A.*

mearnsii, área não minerada (T3), plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7), e *Brachymyrmex heeri* que foi coletada apenas na área de plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) (Tabela 2.1). O gênero *Nylanderia* foi representado por apenas uma espécie, *Nylanderia* sp.1, a qual ocorreu nas áreas de campo nativo, área não minerada (T1) e campo nativo, área minerada (T2) (Tabela 2.1).

A subfamília Dolichoderinae apresentou uma tribo, quatro gêneros e sete espécies. Nenhuma das espécies ocorreu nas áreas plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) e apenas uma das sete espécies coletadas, *Dorymyrmex* sp. 1, teve ocorrência no campo nativo, área não minerada (T1) (Tabela 2.1).

Ambas as subfamílias Ectatomminae e Ponerinae apresentaram uma espécie. A Ectatomminae foi representada pela espécie *Ectatomma edentatum*, que teve ocorrência restrita a áreas não mineradas. Brown Jr. (2000) afirma que a riqueza específica de *Ectatomma edentatum* (Roger, 1863) tende a aumentar quando ocorrem alterações na vegetação original, porém neste estudo, essa espécie foi coletada apenas em áreas que não sofreram alterações. A espécie *Pachycondyla striata* foi a que representou a subfamília Ponerinae, sendo coletada nas áreas de plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) (Tabela 2.1).

Observa-se, na Tabela 2.1, que os gêneros *Pheidole*, *Camponotus* e *Solenopsis* apresentaram-se mais abundantes tanto em áreas não mineradas quanto nas áreas mineradas, isso pode ter ocorrido porque são predominantes em todos os ecossistemas terrestres em diversidade de espécies, adaptações, distribuição geográfica e abundância, visto que possuem ampla tolerância às condições físicas do ambiente (CORRÊA; FERNANDES; LEAL, 2006; RAMOS et al., 2003). O fato das espécies desses gêneros serem abundantes também em áreas mineradas, demonstra que essas apresentam alta capacidade de adaptação a novos nichos ou talvez alta capacidade de suporte à condições extremamente adversas.

2.3.2 Riqueza observada (S_{obs}) e riqueza estimada (S_{est})

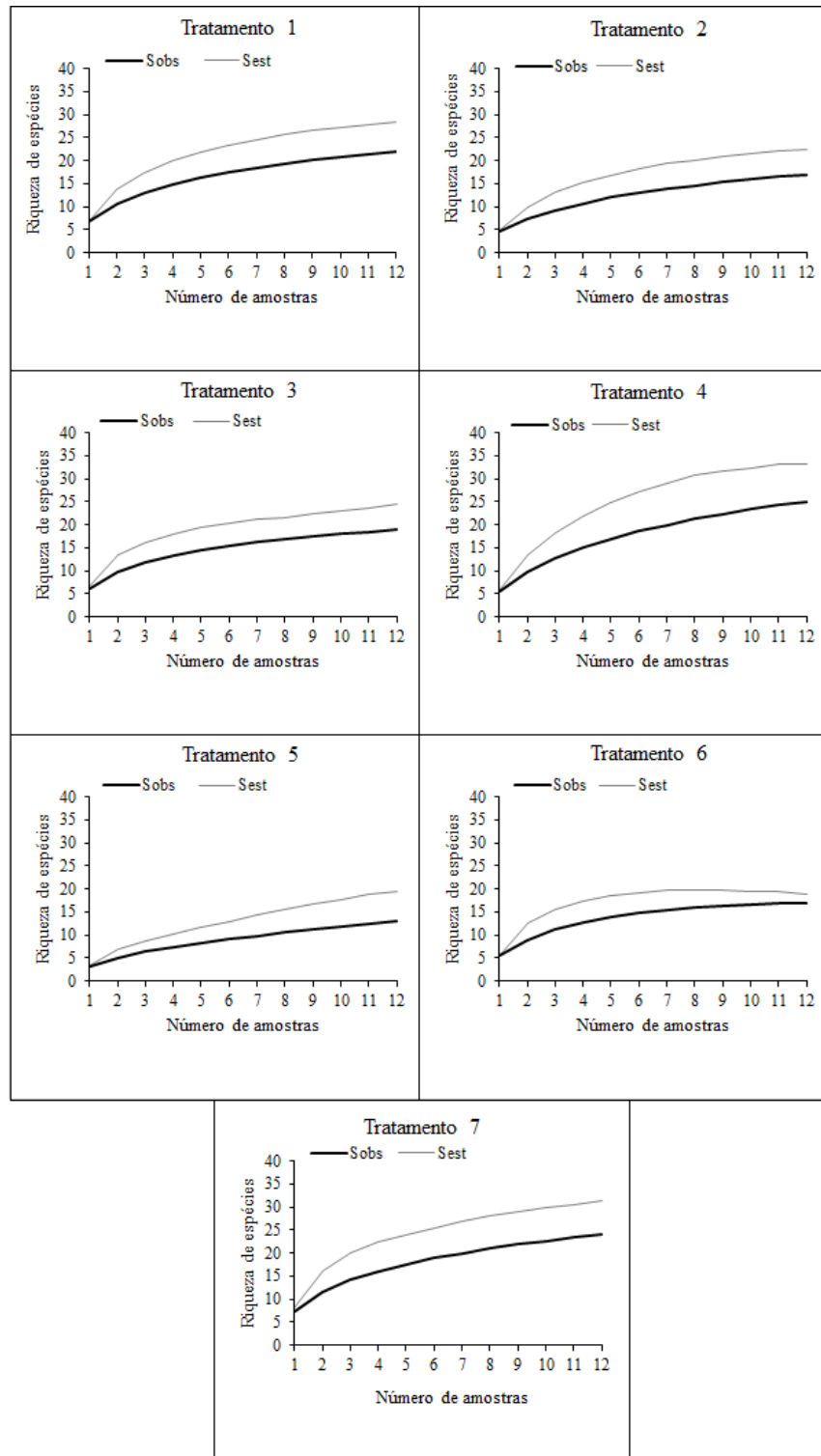
Os resultados de riqueza observada e riqueza estimada obtidos para cada tratamento, utilizando o método de estimativa *Jackknife I*, com 100 aleatorizações, foram: área de campo nativo, área não minerada ($S_{obs} = 23$ e $S_{est} = 28,4$); campo nativo, área minerada ($S_{obs} = 17$ e $S_{est} = 22,5$); plantio de *A. mearnsii*, área não minerada ($S_{obs} = 20$ e $S_{est} = 24,5$); plantio de *A. mearnsii*, área minerada ($S_{obs} = 25$ e $S_{est} = 33,3$); plantio de *E. dunnii*, área não minerada (S_{obs}

= 13 e $S_{est} = 19,4$); plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 ($S_{obs} = 17$ e $S_{est} = 18,8$); e plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 ($S_{obs} = 24$ e $S_{est} = 31,3$) (Figura 2.3).

A área com plantio de *E. dunnii*, área minerada 1, apresentou maior eficiência amostral quando comparada às outras áreas estudadas, com 90,3% das espécies amostradas. Seguida das áreas: plantio de *A. mearnsii*, área não minerada, com 81,6%; campo nativo, área não minerada, com 80,9%; plantio de *E. dunnii*, área minerada 2, com 76,6%; campo nativo, área minerada e plantio de *A. mearnsii*, área minerada, com, respectivamente, 75,6% e 75,2%; e plantio de *E. dunnii*, área não minerada, apresentando 66,9% de espécies amostradas.

A Figura 2.3, demonstra claramente que as curvas não estabilizaram, inferindo que o esforço amostral empregado não foi suficiente para amostrar as espécies existentes nas áreas estudadas, sugerindo que existem outras espécies a serem coletadas, sendo possível encontrar maior riqueza nessas áreas. No entanto, de acordo com Brower e Zar (1984) e Durigan (2004), os dados coletados em campo representam uma amostra da comunidade local, sendo influenciados pelo esforço amostral, tamanho da área amostrada, heterogeneidade de ambientes e formas de distribuição espacial das populações nas comunidades inventariadas. Assim, pode-se inferir que a riqueza de espécies pode ser influenciada por outros fatores como o tamanho da área, diversidade de ambientes e formas de distribuição das populações, além do esforço amostral.

Figura 2. 3 - Curvas de riqueza observada (S_{obs}) e estimada (S_{est}) de espécies de formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.



Tratamentos: campo nativo, área não minerada (Tratamento 1); campo nativo, área minerada (Tratamento 2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (Tratamento 3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (Tratamento 4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (Tratamento 5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6), plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7.) Fonte: Leandra Pedron, 2016.

2.3.3 Índices de Diversidade e Similaridade

Em relação ao Índice de Diversidade de Shannon (H'), observa-se na Tabela 2.2, que a maior diversidade foi encontrada na área com plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7), com $H' = 2,19$, e a menor na área com campo nativo, área minerada (T2), $H' = 0,67$. Esses resultados indicam que a área com plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) é mais diversificada e que a área de campo nativo, área minerada (T2) é a menos diversificada, quando comparadas às outras áreas estudadas.

O Índice de Equitabilidade (J') foi maior para a área com plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) que apresentou $J' = 0,69$, indicando que há uma distribuição mais uniforme da mirmecofauna nesta comunidade. A área de campo nativo, área minerada (T2) apresentou $J' = 0,24$, sendo menor Índice de Equitabilidade quando comparado às outras áreas, sugerindo que, nesta área, a fauna de formicídeos não está distribuída uniformemente (Tabela 2.2).

O fato da área com plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) ter apresentado os maiores índices de diversidade de Shannon e equitabilidade de Pielou e a área de campo nativo, área minerada (T2) ter os menores valores para esses índices pode estar associado a idade dessas áreas, uma vez que a área com plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7) passou pelo processo de recuperação há mais de 20 anos e neste período não houve perturbação e nem uso desta área, ou seja, esta já possuiu tempo suficiente para as comunidades de formiga se estabelecerem novamente, enquanto que a área de campo nativo, área minerada (T2) foi recuperada há pouco mais de dois anos, não possuindo tempo suficiente para o estabelecimento de comunidades de formigas, mesmo não passando por intervenções antrópicas neste período.

As demais áreas possuíram índices de diversidade de Shannon e de equitabilidade de Pielou médios, indicando, assim, média diversidade e média distribuição da mirmecofauna, conforme observado na Tabela 2.2.

Tabela 2. 2 - Índices de Diversidade de Shannon e de Equitabilidade de Pielou de espécies de formigas coletadas com isca atrativa, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Tratamentos ¹ | H' ² | J' ³ |
|--------------------------|-----------------|-----------------|
| T1 | 1,45 | 0,46 |
| T2 | 0,67 | 0,24 |
| T3 | 1,88 | 0,62 |
| T4 | 1,52 | 0,47 |
| T5 | 1,20 | 0,47 |
| T6 | 1,40 | 0,50 |
| T7 | 2,19 | 0,69 |

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada(T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7).

² H': Índice de Diversidade de Shannon.

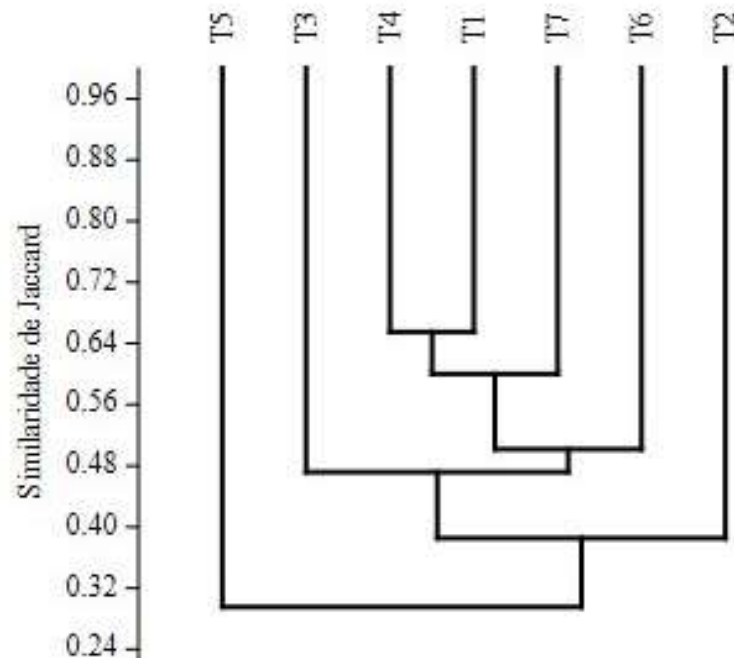
³ J': Índice de Equitabilidade de Pielou.

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

A partir do dendrograma de Morisita-Horn (Figura 2.4), observou-se que houve similaridade entre as áreas com plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6); plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada 2 (T7); e, entre as áreas campo nativo, área não minerada (T1) e campo nativo, área minerada (T2). As maiores similaridades ocorreram entre as áreas com plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) versus plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6) ($Imh = 0,89$) e campo nativo, área não minerada (T1) versus campo nativo, área minerada (T2) ($Imh = 0,84$). As áreas com campo nativo, área não minerada (T1) e campo nativo, área minerada (T2) apresentaram maior dissimilaridade quando comparadas as outras áreas.

O fato das áreas com plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) versus plantio de *E. dunnii*, área minerada 1 (T6), e campo nativo, área não minerada (T1) versus campo nativo, área minerada (T2) apresentarem maior similaridade entre si pode estar relacionada a cobertura vegetal dessas áreas, pois os tratamentos T5 e T6 possuem plantios de *E. dunnii* e as áreas dos tratamentos T1 e T2 são constituídas por campo nativo.

Figura 2. 5 - Dendrograma de similaridade de Jaccard para formigas coletadas com isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.



Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7). Fonte: Leandra Pedron, 2016.

2.3.4 Análise estatística

Para a análise estatística, foi aplicado o teste de agrupamento de médias Scott-Knott, com 5% de probabilidade de erro, demonstrando que não houve diferença significativa entre as médias de abundância para as diferentes áreas (Tabela 2.3).

Com relação as médias de riqueza de espécie, as áreas campo nativo, área minerada (T2) e plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5) não diferiram entre si, mas diferiram estatisticamente das demais (Tabela 2.3). O que pode ser justificado pelo fato dessas áreas terem apresentado riqueza de espécies semelhantes (Tabela 2.1).

Tabela 2. 3 - Médias de abundância e riqueza para a mirmecofauna coletada a partir de isca atrativa em áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Tratamentos ¹ | Abundância média | Riqueza média |
|--------------------------|------------------|---------------|
| T1 | 622,3 a* | 7,08 a |
| T2 | 421,8 a | 4,75 b |
| T3 | 529,4 a | 6,41 a |
| T4 | 233,9 a | 5,58 a |
| T5 | 355,4 a | 3,25 b |
| T6 | 254,5 a | 5,50 a |
| T7 | 531,9 a | 7,41 a |
| CV (%) ² | 61,74 | 23,39 |

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7).

² CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

2.3.5 Influência das variáveis meteorológicas sobre a riqueza de espécies de formigas e as três espécies mais abundantes

Para verificar a correlação entre a riqueza de espécies e os dados meteorológicos, realizou-se correlação simples, a partir da qual, pode-se perceber que os fatores climáticos não apresentaram influência significativa na riqueza de espécies de formigas coletada (Tabela 2.4), demonstrando que nenhuma das variáveis meteorológicas mostrou-se significativa em relação a riqueza de espécies.

Em relação às três espécies mais abundantes, na Tabela 2.4, observa-se que houve correlação significativa entre a espécie *Pheidole radoszkowskii* e a variável meteorológica temperatura, indicando que com o aumento da temperatura houve aumento do número de indivíduos dessa espécie. A temperatura ótima para o desenvolvimento dos insetos está próxima de 25 °C, correspondendo a um desenvolvimento mais rápido e maior número de descendentes (RODRIGUES, 2004; SILVEIRA NETO et al., 1976). Salvadori e Parra (1990) comentam que a temperatura é um dos fatores abióticos mais importantes para os insetos, pois esta interfere diretamente na reprodução, no desenvolvimento e no comportamento da Classe Insecta, e segundo Rodrigues (2004), a temperatura interfere diretamente no desenvolvimento da

população de insetos, pois é um fator regulador da temperatura dos insetos, devido a estes serem pecilotérmicos.

Tabela 2. 4 - Correlação da riqueza de espécies de formigas e das três espécies mais abundantes coletadas com isca atrativa e as principais variáveis meteorológicas, em áreas mineradas e não mineradas, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Correlação | Coefficiente (r) | Significância |
|--|------------------|---------------|
| Riqueza x Precipitação | 0.5021 | ns |
| Riqueza x Temperatura | 0.4059 | ns |
| Riqueza x Umidade | 0.3068 | ns |
| <i>Pheidole prox. zelata</i> x Precipitação | -0.3079 | ns |
| <i>Pheidole prox. zelata</i> x Temperatura | 0.3885 | ns |
| <i>Pheidole prox. zelata</i> x Umidade | 0.1271 | ns |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> x Precipitação | 0.0679 | ns |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> x Temperatura | 0.6585 | * |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> x Umidade | -0.4156 | ns |
| <i>Solenopsis saevissima</i> x Precipitação | -0.2721 | ns |
| <i>Solenopsis saevissima</i> x Temperatura | 0.5076 | ns |
| <i>Solenopsis saevissima</i> x Umidade | -0.1844 | ns |

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \leq p < 0,05$)

ns: não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

2.4 CONCLUSÕES

Os dados obtidos na presente pesquisa, nas condições em que foi estabelecida e conduzida, através da coleta de formigas com isca atrativa, permitem concluir que:

- Dos 15 gêneros coletados, os mais abundantes são *Pheidole*, *Camponotus* e *Solenopsis*, tanto em áreas não mineradas quanto em áreas mineradas.
- As áreas que não foram mineradas e as áreas que foram mineradas e sofreram o processo de recuperação não interferem no total de espécimes coletados e na riqueza de espécies.

REFERÊNCIAS

- ACCACIO, G. de M. et al. Ferramentas biológicas para avaliação e monitoramento de *habitats* naturais fragmentados. p. 368-390. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. de (Eds.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003, 510 p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- BACCARO, F. B. et al. **Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil**. Manaus, Editora INPA. 2015. 388 p.
- BESTELMEYER, B. T. et al. Fiel techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description, and evaluation. In: Agosti D. et al. (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. cap. 9, p. 122-144.
- BOSCARDIN, J. **Mirmecofauna em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden sob diferentes sistemas de controle de plantas infestantes**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.
- BOSCARDIN, J. et al. Avaliação comparativa de iscas atrativas a partir da riqueza de espécies de formigas (Hymenoptera: Formicidae) numa floresta de *Eucalyptus grandis*, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **AUGM Domus**, Montevideo, v. 3, p.10-19, 2011.
- BRANDÃO, C. R. F. Família Formicidae. In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. (Org.). **Invertebrados terrestres**. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 215-223.
- BROWN JR., W. Diversity of ants. In: D. AGOSTI, D. et al. **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. cap. 5, p. 45-79.
- BROWN, P. H. et al. Biodiversity of ant species along a disturbance gradient in residential environments of Puerto Rico. **Urban Ecosystems**, Duluth, v. 16, p. 175-192, 2012.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; **Field & laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, 1984. 226p.
- CORRÊA, M. M.; FERNANDES, W. D.; LEAL, I. R. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, p. 724-730, 2006.
- COLWELL, R. K. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0**. 2013. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H. G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahia cocoa plantations. **Pedobiologia**, v. 39, n. 1, p. 423-433, 1995.

DURIGAN, G.; Métodos para análise de vegetação arbórea. In: Cullen-Jr., L. et al., (org), **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004, p. 455-480.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. F. B.; SILVA, V. P. da; FORTI, L. C. Estudo da diversidade em ecossistemas naturais e agroecossistemas na região de Botucatu, SP (Hymenoptera: Formicidae). In: VII Encontro de Mirmecologia, São Paulo, 1986. **Anais...**Rio Claro: Universidade Estadual de São Paulo, 1986.

FONSECA, R. C.; DIEHL, E. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) epigéicas em povoamentos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) de diferentes idades no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 95-100, 2004.

FORTES, A. B. **Compêndio de geografia geral do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Sulina, 1979. 101 p.

FOWLER, H. G. et al. Ecologia Nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991.

GONÇALVES, C. R.; NUNES, A. M. Formigas das praias e restingas do Brasil. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TUREQ, B. (eds). **Restingas: origem, estrutura, processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 373-378.

GUISEPPE, K. F. L. et al. **The use herbicides in managed forest ecosystems and their effects on non-target organisms with particular reference to ants as bioindicators**. Orono[s.n.], 2006. 57 p. (Technical Bulletin, 192).

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

HOFFMANN, B. D.; ANDERSEN, A. N. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology**, Carlton, v. 28, n. 4, p. 444-464, 2003.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The Ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990. 738p.

LONGINO, J. T. What to do with the data. In: AGOSTI, D. et al. (Ed). **Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity**. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 2000. cap.13, p. 186-203.

MACEDO, L. P. M. de. **Diversidade de formigas edáficas (Hymenoptera: Formicidae) em fragmentos da mata atlântica do estado de São Paulo**. 2004. 126f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade ecológica**. Tradução Dana Moiana Vianna. Curitiba: Ed. da UFPR, 2011. 261 p.

MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R. da; BERBARA, R. L. L. **Biodiversidade e Índices**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999, 20 p. (Documentos, 107).

MAJER, J.D. Ants: bioindicators of Minesite Rehabilitation, land use, and land conservation. **Environmental Management**, New York, v.7, p.375-383, 1983.

MAJER, J.D. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines at Trombetas, Pará, Brazil. **Journal Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, p.257-273, 1996.

MAJER, J. D., BRENNAN, K. E. C., MOIR, M. L. Invertebrates and the restoration of a forest ecosystem: 30 years of research following bauxite mining in Western Australia. **Restoration Ecology**, v. 15, p. 104-115, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

RAMOS, L.S. et al. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) de serapilheira em áreas de cerrado “stricto sensu” em Minas Gerais. **Lundiana**, Belo Horizonte, v.4, p. 95-102, 2003.

RÉ, T. M. **O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas**. 2007. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RIBAS, C. R. et al. Ants as indicators in Brazil: a review with suggestions to improve the use of ants in environmental monitoring programs. **Psyche**, Cambridge, v. 1, p. 1-23, 2012.

ROCHA et al. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) bioindicadoras de degradação ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 88-98, 2015.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos**, n. 4, p. 1-4, 2004. Disponível em: < <http://www.ebras.bio.br/infoinsetos/pdf/art0104-01.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

ROMERO, H.; JAFFÉ, K. A comparison of methods for sampling ants (Hymenoptera, Formicidae) in savannas. **Biotropica**, Kansas, v. 21, n. 4, p. 348-352, 1989.

SALVADORI, J. R.; PARRA, J. R. P. Efeito da temperatura na biologia e exigências térmicas de *Pseudaletia sequax* (Lepidoptera: Noctuidae), em dieta artificial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1693-1700, 1990.

SANTOS, D. C. **Alterações químicas e biológicas em solo de área de mineração de carvão submetido a diferentes cultivos.** 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2006.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software Assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTUMIDADE RELATIVAE, 7. Reno, USA: **Anais...** Reno, USA: American Society of Agriculal and Biological Engineers, 2009.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia dos insetos.** Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres LTDA., 1976, 419 p.

SILVESTRE, R. **Estrutura das comunidades de Formigas do Cerrado.** 2000. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Filosofia, Ciências e letras de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto, SP, 2000.

SIMAS, V. R.; COSTA, E. C.; SIMAS, C. A. Aspectos etológicos de *Camponotus punctulatus* Mayr, 1868 (HYMENOPTERA: FORMICIDAE). **Revista de FZVA**, Uruguaiana, v. 4, n. 1, p.1-9, 1997.

VASCONCELOS, H. L. Respostas das Formigas à Fragmentação Florestal. **Serie Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 95-98, 1998.

VAZ-DE-MELLO, F. Z. et al. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como biondicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 39-43, 2009.

WILSON, E. O. Which are the most prevalent ant genera? **Studia Entomológica**. Petrópolis, v. 19, n. 1/4, p. 187-200, 1976.

WILSON, E. O. The defining traits of fire ants and leaf-cutting ants. In: LOEFGREEN, C.S.; VANDER MEER, R. K. (Ed.). **Fire ants and leaf-cutting ants: biology and management.** Boulder: Westview Press, 1986. cap.1, p.1-9.

ZVIRTES, G. **Mapa do estado do Rio Grande do Sul e limítrofes com destaque ao município de Candiota.** 2013.

3 MIRMECOFAUNA DE SOLO EXTRAÍDA COM FUNIL DE BERLESE EM ÁREAS MINERADAS E NÃO MINERADAS

3.1 INTRODUÇÃO

A intensa exploração dos recursos naturais pelo homem e o impacto sobre os *habitats* tem alterado a maior parte dos ecossistemas terrestres (QUEIROZ; ALMEIDA; PEREIRA, 2006). Segundo Espíndola et al. (2005), a degradação dos ambientes é resultante de impactos ambientais como a retirada da cobertura vegetal para implantação de atividades agrícolas ou urbanas, obras hidráulicas, exploração de madeira, atividades industriais gerando poluição do solo, água e ar, atividades de mineração, invasões biológicas e contaminação por resíduos tóxicos.

Dentre as atividades antrópicas, a mineração é a que mais interfere no meio ambiente, contribuindo decisivamente para a degradação do ambiente, pois modifica a área onde é implantada, causando destruição e/ou alteração da vegetação natural e das características físico-químicas dos solos, interferindo nos cursos d'água, modificando o habitat da fauna e vários outros caracteres ambientais (ROCHA, 2008), e a mitigação desses impactos causados pela mineração é de responsabilidade das empresas (GRIFFITH, 1992). Valentim (2010) afirma que a possibilidade de restauração dessas áreas é bastante improvável, uma vez que para Willians, Bugin e Reis (1990) a recuperação de áreas mineradas é “um conjunto de procedimentos através do qual se minimizam os impactos bióticos e abióticos causados pelas atividades de mineração, de acordo com o planejamento pré-estabelecido”.

Uma das maneiras de avaliar os impactos ambientais e a influência da restauração ecológica para a biota é através da utilização de bioindicadores (MCGEOCH, 1998). Segundo Basset et al. (1998) os invertebrados são organismos ideais para serem utilizados como bioindicadores, isso porque de acordo com McGeoch (1998) possuem alta abundância, diversidade, sensibilidade a perturbações e facilidade de amostragem. As formigas, por possuírem esses atributos, são utilizadas como bioindicadoras.

Para amostragem da mirmecofauna são utilizados vários métodos, um deles é a separação de formicídeos do solo com funil de Berlese, que quando comparado a outras metodologias apresenta como vantagem a pouca utilização de mão-de-obra, pois os insetos saem da amostra de solo espontaneamente (RODRIGUES et al., 2008).

O solo é ainda um dos ambientes menos conhecido no nosso planeta (ANDRÉ; DUCARME; LEBRUN, 2002; WOLTERS, 2001) e as formigas que o habitam geralmente não

são estudadas de forma sistemática. A fauna de solo pode ser caracterizada por envolver espécies de formigas que passam a maior parte do seu ciclo de vida em ninhos e cavidades no solo, vindo à superfície apenas sexuais uma ou poucas vezes ao ano, a fecundação é no ar, os machos morrem em seguida ao voo nupcial, as fêmeas retornam ao solo, perdem as asas, enterram-se, e todo o desenvolvimento da colônia é abaixo da superfície, em geral nas camadas mais superficiais (SILVA; SILVESTRE, 2004).

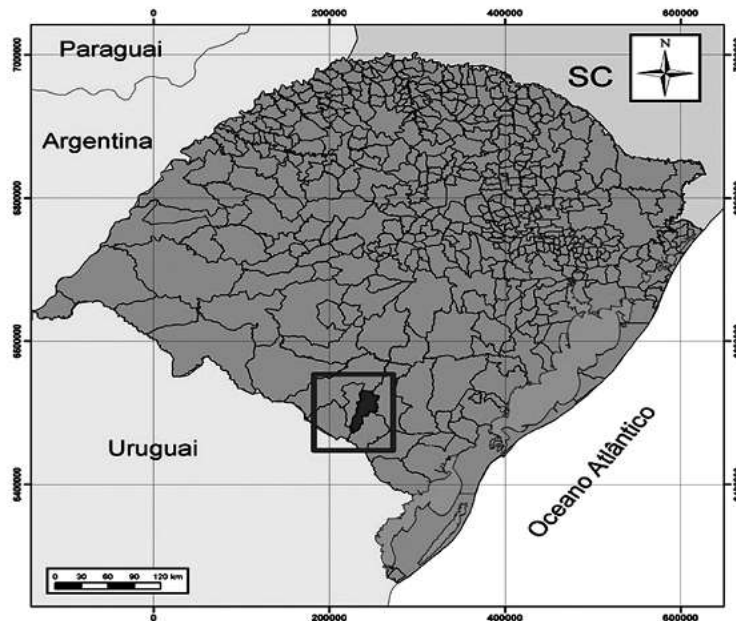
Portanto, este estudo objetivou identificar a mirmecofauna presente no solo em áreas não mineradas e mineradas que sofreram processo de recuperação de uma mina de carvão.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas da mina de carvão da Companhia Riograndense de Mineração (31°32'50'' S; 53°46'36'' W), localizada no município de Candiota (Figura 3.1), no estado do Rio Grande do Sul, pertencente a região fisiográfica da Campanha (FORTES, 1979). O relevo da região varia de suave ondulado a ondulado, o que é característico da região. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico típico (EMBRAPA, 2006). O clima é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente (ALVARES et al., 2014), com temperatura média anual de 18°C e precipitação média anual de 1.350 mm, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Figura 3. 1 - Localização do município de Candiota, Rio Grande do Sul.



Fonte: Adaptado de ZVIRTES (2013).

3.2.2 Distribuição e descrição dos tratamentos

Para este estudo foi escolhido o delineamento experimental Inteiramente Casualizado (DIC).

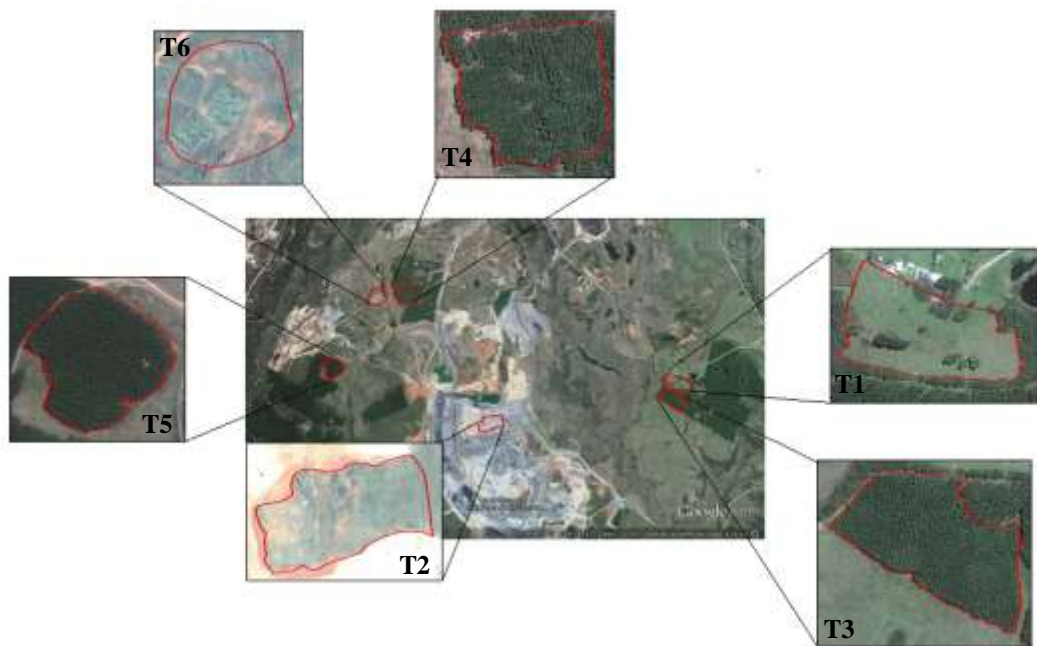
Na área da mina de carvão de Candiota, foram distribuídos seis tratamentos (Figura 3.2), sendo eles:

- Tratamento 1 (T1): Campo nativo, área não minerada; localizado nas coordenadas 31° 34' 16,9" Sul e 53° 41' 46,7" Oeste, com predomínio de espécies vegetais das famílias Asteraceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae, Polynaceae e Solanaceae, e com uma área total de 2,20 ha.
- Tratamento 2 (T2): Campo nativo, área minerada; localizado nas coordenadas 31° 34' 20,3" Sul e 53° 42' 54,9" Oeste; área minerada que foi recuperada com o banco de sementes da vegetação local (recomposição topográfica, um metro de argila, 30 centímetros de terra vegetal, adubação e calagem e plantio de gramíneas para que não ficasse totalmente descoberta até a germinação do banco de sementes), com uma área total de 2,21 ha; com dois anos de idade, no início deste estudo.
- Tratamento 3 (T3): Plantio de *Acacia mearnsii* De Wild, área não minerada; com 2,89 ha de área total, localizado nas coordenadas 31° 34' 20,2" Sul e 53° 41' 49,0" Oeste. O sub-bosque

está constituído por serapilheira com espessura de 5 mm e por poucas espécies pertencentes às famílias Asteraceae, Caryophyllaceae, Gramineae e Poaceae, e algumas mirtáceas. Altura média das árvores é de 20,83 m e diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 19,85 cm, com sete anos de idade no início do estudo.

- Tratamento 4 (T4): Plantio de *Acacia mearnsii* De Wild, área minerada; com uma área total de 2,84 ha, localizado nas coordenadas 31° 33' 44,9" Sul e 53° 43' 19,9" Oeste; é uma área que foi minerada e recuperada com recomposição topográfica, 30 centímetros de terra vegetal e plantio de acácia-negra. O sub-bosque está composto por serapilheira (1 cm) e espécies vegetais das famílias Asteraceae, Gramineae, Malvaceae, Poaceae e Rubiaceae. Altura média das árvores é de 16,69 m e DAP médio 13,51 cm. O plantio estava com sete anos de idade, no início deste estudo.
- Tratamento 5 (T5): Plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden, área não minerada; localizado nas coordenadas 31° 34' 14,8" Sul e 53° 43' 42,1" Oeste, com uma área total de 2,73 ha, possuindo uma camada de serapilheira com cinco centímetros. No início do estudo, o plantio estava com sete anos de idade. Árvores com altura média de 24,9 m e DAP médio de 19,72 cm.
- Tratamento 6 (T6): Plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden, área minerada; localizado nas coordenadas 31° 33' 44,6" Sul e 53° 43' 33,5" Oeste, sofreu o processo de mineração e posterior recuperação com recomposição topográfica, 30 cm de terra vegetal e plantio de eucalipto. O sub-bosque está constituído por serapilheira de dois centímetros e algumas espécies vegetais das famílias Asteraceae, Gramineae, Poaceae e pteridófitas. Área total de 2,03 ha, altura média das árvores de 13,32 m e DAP médio igual a 13,37 cm. O plantio estava com sete anos de idade, no início do estudo.

Figura 3. 2 - Distribuição dos seis tratamentos na mina de carvão em Candiota, Rio Grande do Sul.



Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6). Fonte: Google Earth, 2015.

3.2.3 Amostragem da mirmecofauna

As coletas da mirmecofauna foram realizadas mensalmente no período de julho de 2014 a junho de 2015, totalizando 12 datas de coleta. De cada área, foram retiradas quatro amostras de solo aleatórias, distantes 10 metros entre si e 50 metros da bordadura, com o auxílio de uma sonda circular de 10x10 cm² e volume de 785 cm³, totalizando 24 amostras de solo em cada data de coleta. Essas amostras foram embaladas em sacos plásticos de 20 litros, devidamente identificadas e transportadas em caixas de papelão ao Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS. Em laboratório, cada amostra foi colocada em um funil de Berlese, permanecendo por sete dias sob luz incandescente de 100 watts, com intensidade luminosa de 50%, devido a utilização de um dimmer (dispositivo utilizado para controlar a intensidade luminosa). A temperatura da superfície do solo nos funis ficou em torno de 35°C±5°C. Na parte inferior de cada funil foi alocado um recipiente plástico com capacidade de 80 mL, contendo 20 mL de álcool 70% para a conservação dos indivíduos extraídos.

Após esse período, os recipientes foram retirados da parte inferior dos funis de Berlese e acondicionados a uma temperatura de $\pm 10^{\circ}\text{C}$, para posterior triagem dos espécimes.

O material de cada amostra foi colocado em placa de “petri” triado individualmente utilizando microscópio estereoscópio e pincéis. Após a triagem, as formigas foram separadas em morfoespécies e identificadas a nível de gênero utilizando a chave de identificação para subfamílias e gêneros de formigas do Brasil do Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil (BACCARO et al., 2015), receberam um código de identificação e foram armazenadas em tubos do tipo “eppendorfs”.

Os “eppendorfs” devidamente identificados, contendo as morfoespécies, foram levados ao Laboratório de Mirmecologia do Centro de Pesquisas do Cacau, Ilhéus, Bahia, para identificação pelo Dr. Jacques Hubert Charles Delabie. Cada espécie identificada teve exemplares que permaneceram como testemunha no museu da instituição, sendo registradas sob o número #5783.

3.2.4 Análise faunística

3.2.4.1 Abundância total

A abundância total foi calculada a partir do somatório do número de espécimes coletados em todo o período do estudo.

3.2.4.2 Frequência de ocorrência

Para verificar a frequência de ocorrência das espécies de formigas calculou-se a frequência absoluta de indivíduos a partir da frequência de ocorrência das espécies em cada amostra.

A frequência de ocorrência relativa foi calculada com base na frequência absoluta, utilizando a equação $\% = N/n \cdot 100$, em que $\%$ = frequência de ocorrência relativa, N = frequência de ocorrência absoluta (número de armadilhas em que foi encontrada determinada espécie) e n = corresponde ao número de armadilhas utilizadas no período do estudo.

Após o cálculo da frequência de ocorrência das espécies foi determinado o intervalo de confiança (IC) da média com 5% de probabilidade, seguindo a classificação segundo Silveira Neto et al. (1976): muito frequente (mf): número de indivíduos maior que o limite superior do

IC a 5%; frequente (f): número de indivíduos situados dentro do IC a 5%; e pouco frequente (pf): número de indivíduos menor que o limite inferior do IC a 5%.

3.2.4.3 Riqueza das espécies de formigas

A riqueza observada (S_{obs}) foi calculada pelo somatório do número de espécies de formigas coletadas no período de julho de 2014 a junho de 2015. Foi calculada também, a riqueza estimada (S_{est}), utilizando os resultados de abundância que foram tabelados na forma de matriz de ausência (0) e presença (1). Os dados de riqueza estimada foram obtidos a partir do programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness an Shared Species from Samples) versão 7.5.2 (COLWELL, 2013). Utilizou-se o estimador Jackknife 1 que calcula a riqueza estimada em função da abundância, utilizando o número de *singletons* (espécies representadas por somente um indivíduo), com 100 aleatorizações.

3.2.5 Índices de Diversidade e Similaridade

O Índice de Diversidade de Shannon é determinado pela seguinte fórmula:

$H' = -\sum p_i \ln p_i$, onde p_i é a proporção da espécie em relação ao número total de espécimes encontrado no levantamento (MAGURRAN, 2011). Este índice foi calculado para avaliar a diversidade de espécies de formigas nos diferentes tratamentos.

O Índice de Equitabilidade estima a distribuição das espécies na amostra, verificando a homogeneidade da ocorrência numérica das espécies. Segundo Matos, Silva e Berbara (1999), a equitabilidade é a relação entre a diversidade observada e a diversidade máxima, apresentando valores entre 0 e 1.

A similaridade na composição de espécies de comunidades de formigas nas diferentes áreas foi calculada a partir dos Índices de Morisita-Horn, o qual compara comunidades de forma quantitativa, e de Jaccard que compara comunidades de forma qualitativa.

Para calcular os Índices de Diversidade e de Similaridade utilizou-se o programa estatístico Past (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

3.2.6 Análise estatística

A abundância de espécimes e riqueza de espécies de formigas foram analisadas estatisticamente através de análise de variância. Os dados foram transformados para atender as

condições de normalidade pela fórmula $x = (\sqrt{x+0,5})$ e submetidos ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, com 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

3.2.7 Dados meteorológicos

Os dados das variáveis meteorológicas foram obtidos junto Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) através da Estação Meteorológica de Bagé, localizada a cerca de 60 km da área de estudo. A estação meteorológica realiza as leituras diariamente, de hora em hora, porém na apresentação dos resultados foram considerados valores médios mensais para temperatura e umidade relativa do ar, e valor acumulado mensal para precipitação (Apêndice A).

Os dados das variáveis meteorológicas foram utilizados para verificar a correlação com a riqueza observada de espécies da família Formicidae e com as três espécies mais abundantes coletadas durante o estudo, através de correlação simples calculada pelo programa estatístico Assistat 7.7. beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Abundância e frequência de ocorrência das espécies de formigas

Foram coletados 2.105 espécimes de formigas a partir de amostras de solo, durante todo o período do estudo, distribuídas em quatro subfamílias, oito tribos, 16 gêneros e 31 espécies (Tabela 3.1).

Tabela 3. 1 - Abundância e riqueza de espécies de formigas coletadas no solo de áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Subfamília/Tribo/Espécies | Tratamentos ¹ | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|----|----|----|----|----|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| DOLICHODERINAE (S _{obs} = 4) | | | | | | |
| Dolichoderini | | | | | | |
| <i>Dorymyrmex</i> sp.1 | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Gracilidris pombero</i> | - | - | - | 6 | - | - |
| <i>Linepithema iniquum</i> | - | - | - | 4 | - | - |

Continua...

Tabela 3.1 – Conclusão...

| Subfamília/Tribo/Espécies | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|--|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Tapinoma melanocephalum</i> | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 7 |
| FORMICINAE (S _{obs} = 3) | | | | | | |
| Plagiolepidini | | | | | | |
| <i>Brachymyrmex admotus</i> | 1 | - | - | 1 | - | - |
| <i>Brachymyrmex</i> sp.1 | 196 | 18 | 6 | 3 | 3 | 8 |
| Camponotini | | | | | | |
| <i>Camponotus fastigatus</i> | 2 | - | 1 | 1 | - | - |
| MYRMICINAE (S _{obs} = 21) | | | | | | |
| Attini | | | | | | |
| <i>Pheidole aberrans</i> | 2 | 4 | 1 | 10 | - | 93 |
| <i>Pheidole astur</i> | - | - | - | 10 | - | - |
| <i>Pheidole cavifons</i> | 19 | - | - | - | - | - |
| <i>Pheidole gertudae</i> | - | - | - | - | - | 1 |
| <i>Pheidole</i> grupo <i>Flavens</i> sp.1 | - | - | 1 | 38 | - | - |
| <i>Pheidole</i> grupo <i>Tristis</i> sp.3 | - | - | 1 | - | - | - |
| <i>Pheidole obscurithorax</i> | - | - | - | - | 1 | - |
| <i>Pheidole</i> prox. <i>zelata</i> | 1 | 1 | - | - | - | - |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> | 8 | - | 2 | - | 46 | 12 |
| <i>Strumigenys subdentata</i> | - | - | 1 | - | 40 | - |
| <i>Trachymyrmex iheringi</i> | 4 | - | - | - | 1 | - |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> | 1 | - | - | - | - | 7 |
| <i>Wasmannia rochai</i> | - | - | - | - | - | 1 |
| Crematogastrini | | | | | | |
| <i>Crematogaster iheringi</i> | 3 | - | - | - | - | - |
| Pogonomyrmecini | | | | | | |
| <i>Pogonomyrmex naegalii</i> | - | - | - | 1 | - | 14 |
| Solenopsidini | | | | | | |
| <i>Rogeria bruchi</i> | - | - | 1 | - | - | - |
| <i>Solenopsis saevissima</i> | 15 | 1 | 103 | 3 | - | - |
| <i>Solenopsis</i> sp.1 | 213 | 4 | 53 | 33 | 58 | 94 |
| <i>Solenopsis</i> sp.2 | 49 | - | - | - | 2 | - |
| <i>Solenopsis</i> sp.3 | 18 | 3 | 1 | 226 | 15 | 399 |
| <i>Solenopsis</i> sp.4 | 5 | 1 | - | - | - | - |
| PONERINAE (S _{obs} = 3) | | | | | | |
| Ponerini | | | | | | |
| <i>Cryptopone</i> sp. | - | - | - | - | - | 2 |
| <i>Hypoponera</i> sp.1 | 117 | 2 | 21 | 5 | 34 | 16 |
| <i>Hypoponera</i> sp.2 | 1 | 6 | - | - | 2 | 1 |
| Número total de espécimes | 658 | 44 | 195 | 346 | 206 | 656 |
| Riqueza observada S_(obs) | 18 | 10 | 13 | 14 | 11 | 14 |

¹Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6). Fonte: Leandra Pedron, 2016.

Na área de campo nativo, área não minerada, foram coletadas 18 espécies de formigas e nas áreas de plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada, e plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada, 14 espécies. A área com plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada, apresentou 13 espécies, a área plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada, apresentou 11 e a área de campo nativo, área minerada, 10 espécies, sendo esta a menor riqueza de espécies encontrada entre todas as áreas (Tabela 3.1). Pode-se perceber que a riqueza de espécies, quando comparada entre as áreas, foi maior em uma área não minerada (campo nativo, área não minerada) e menor em uma área que passou pelo processo de mineração (campo nativo, área minerada), o que pode ter ocorrido porque *habitats* complexos criam oportunidades de instalação e sobrevivência de um número maior de espécies, em virtude da capacidade de suporte do meio (ANDOW, 1991), uma vez que a área não minerada é mais complexa em relação à área minerada. E, ainda, de acordo com Accacio et al. (2003), em comunidades alteradas por atividades antrópicas, frequentemente observa-se uma diminuição no número de espécies e aumento da dominância de espécies mais comuns, uma vez que essas perturbações comumente resultam na simplificação do ambiente natural. Hoffmann e Andersen (2003) afirmam que, geralmente, locais degradados são colonizados por espécies oportunistas ou espécies generalistas, que podem obter vantagens com as mudanças dos recursos, alterando as condições de sobrevivência no ambiente em questão.

Dos 2.105 espécimes coletados, 658 foram capturados na área de campo nativo, área não minerada, correspondendo a 31,26% do total, 656 na área plantio de *E. dunnii*, área minerada, representando 31,16%, 346 na área plantio de *A. mearnsii*, área minerada, com 16,44%, 206 em plantio de *E. dunnii*, área não minerada, com 9,77%, 195 em plantio de *A. mearnsii*, área não minerada, com 9,27% e 44 na área do tratamento campo nativo, área minerada, representando 2,10% do total de espécimes coletados (Tabela 3.1).

O fato da área com campo nativo, área minerada (T1) ter apresentado alto número de formigas coletadas pode estar associado a esta área não ter passado pelo processo de mineração, possuindo o solo e a vegetação originais, com condições para que comunidades de formigas possam se estabelecer e permanecer nessa área. A área com plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) apresentou a segunda maior abundância de espécimes, mesmo tendo passado pelo processo de mineração, porém é uma área que está há mais de sete anos em recuperação, sendo que neste período não houve qualquer intervenção antrópica nesta área, nem uso da mesma, sugerindo que esta possui nichos para o desenvolvimento das formigas, como locais para forrageamento e nidificação. A área de campo nativo, área minerada (T2), apresentou a menor abundância de

espécimes, isso pode ter ocorrido por ser uma área com pouco mais de dois anos em processo de recuperação.

Analisando a Tabela 3.1, percebe-se que a subfamília com maior número de espécies coletadas foi Myrmicinae, com 21 espécies, distribuídas em quatro tribos e oito gêneros. A subfamília Dolichoderinae apresentou quatro espécies, em uma tribo e quatro diferentes gêneros e as subfamílias Formicinae e Ponerinae apresentaram ambas três espécies, estando as espécies da subfamília Formicinae distribuídas em duas tribos e dois gêneros e as da subfamília Ponerinae em uma tribo e dois gêneros. A preeminência da subfamília Myrmicinae pode ser justificada por ser mais abundante no mundo com adaptações ecológicas de todos os tipos e extremamente adaptável aos mais diversos nichos ecológicos na região Neotropical (CAETANO; JAFFÉ; ZARA, 2002; FOWLER et al., 1991; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Das 21 espécies coletadas na subfamília Myrmicinae, duas foram comuns a todas as áreas e nove foram coletadas em apenas uma área. As espécies *Solenopsis* sp. 1 e *Solonopsis* sp. 3 foram as que ocorreram em todas as áreas, no entanto, essas espécies apresentaram frequência de ocorrência diferente em cada área estudada. A *Solenopsis* sp. 1 foi muito frequente (mf) nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), frequente (f) nas áreas de campo nativo, área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) e pouco frequente (pf) nas áreas de campo nativo, área minerada (T2) e plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4). A espécie *Solenopsis* sp. 3 apresentou-se como muito frequente (mf) nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) e pouco frequente (pf) nas demais áreas, não sendo frequente em nenhuma área estudada (Apêndice C). As espécies *Pheidole astur*, *Pheidole cavifons*, *Pheidole gertudae*, *Pheidole* gp. *Tristis* sp. 3, *Pheidole obscurithorax*, *Wasmannia rochai*, *Crematogaster iheringi* e *Rogeria bruchi*, foram coletadas em apenas uma área. A *Pheidole astur* foi coletada na área com plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4); *Pheidole cavifons* e *Crematogaster iheringi* foram encontradas na área com campo nativo, área não minerada (T1); *Pheidole gertudae* e *Wasmannia rochai* foram coletadas na área de plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6); *Pheidole* gp. *Tristis* sp. 3 e *Rogeria bruchi* foram coletadas na área com plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3); e *Pheidole obscurithorax* foi coletada na área do tratamento plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) (Tabela 3.1). Todas essas espécies encontradas em apenas um tratamento foram pouco frequentes (pf) nas áreas em que ocorreram, com exceção da *Pheidole cavifons* que apresentou-se como frequente (f) na área que foi coletada (Apêndice C).

O gênero *Pheidole* apresenta hiperdiversidade ocorrendo do norte dos Estados Unidos à Argentina e é frequentemente amostrado em levantamentos de áreas tropicais (WILSON, 2003), por esse motivo foi o gênero mais coletado da subfamília Myrmicinae. Pode ser encontrado desde ambientes naturais até ambientes mais perturbados, apresentando um comportamento agressivo com recrutamento eficiente e massivo (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). O gênero *Strumigenys* apresentou uma espécie coletada nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), de acordo com Fowler (1991), espécies desse gênero são predadoras especializadas e vivem associadas à serapilheira. A espécie do gênero *Trachymyrmex* foi coletada nas áreas de campo nativo, área não minerada (T1) e em plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5). Espécies desse gênero coletam grande variedade de substratos (folhas, flores, frutos, sementes, fezes, líquens, musgos e carcaças de artrópodes), esse material é sempre coletado no solo, de um a dois metros do ninho (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). O gênero *Wasmannia* foi coletado nas áreas com campo nativo, área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) (Tabela 3.1).

As tribos Crematogastrini e Pogonomyrmecini apresentaram ambas um gênero e uma espécie. O gênero *Crematogaster* foi capturado apenas na área com campo nativo, área não minerada (T1), espécies desse gênero nidificam principalmente sobre a vegetação e apresentam hábito alimentar onívoro (SILVESTRE; SILVA, 2001). O gênero *Pogonomyrmex* foi coletado nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6).

A tribo Solenopsidini apresentou dois gêneros e seis espécies. O gênero mais abundante em espécies dessa tribo foi *Solenopsis*, com cinco espécies. As espécies do gênero *Solenopsis* são generalistas e recrutadoras, amplamente distribuídas e encontradas nos mais diversos *habitats*, como ambientes florestais, campos e savanas, e ainda, algumas espécies são bem adaptadas a ambientes perturbados (BACCARO et al. 2015). O gênero *Rogeria* apresentou uma espécie, a qual ocorreu apenas na área do tratamento plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3).

Da subfamília Dolichoderinae, apenas a espécie *Tapinoma melanocephalum* foi coletada em todas as áreas, mostrando-se muito frequente (mf) na área com campo nativo, área minerada (T2), frequente (f) nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) e pouco frequente (pf) nas demais áreas estudadas (Apêndice C). As espécies *Gracilidris pombero* e *Linepthea iniquum* foram coletadas apenas na área com plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), ambas espécies apresentaram-se como pouco frequente (pf) nesta área. A espécie *Dorymyrmex* sp. 1 foi coletada na área com plantio

de *E. dunnii*, área minerada (T6), sendo pouco frequente (pf) nesta área (Apêndice C). O fato da espécie *Dorymyrmex* sp. 1 ter ocorrido somente em área minerada pode ser justificado por espécies desse gênero serem encontradas em ambientes antropizados (BACCARO et al., 2015).

A subfamília Ponerinae apresentou três espécies, sendo que a espécie *Hypoponera* sp. 1 foi encontrada em todas as áreas, apresentando-se muito frequente (mf) nas áreas com campo nativo, área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5), frequente (f) na área campo nativo, área minerada (T2) e pouco frequente (pf) nas áreas com plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6). A espécie *Hypoponera* sp. 2 foi coletada nas áreas com campo nativo, área não minerada (T1), campo nativo, área minerada (T2), plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6), sendo pouco frequente (pf) em todas as áreas. Baccaro et al. (2015) comentam que espécies do gênero *Hypoconera* são criptobióticas, ou seja, ficam em estado de latência em condições adversas do meio ambiente, nidificam no solo, embaixo de pedras, na serapilheira ou em madeira em decomposição, geralmente forrageiam solitariamente no solo e na serapilheira e a maioria das espécies possui hábitos de predação generalista, porém algumas têm preferência por colêmbolos ou cupins. Por isso que as espécies desse gênero foram encontradas tanto em áreas não mineradas quanto em áreas mineradas.

A espécie *Cryptopone* sp. foi coletada apenas na área com plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6), apresentando-se como pouco frequente (pf) nesta área (Apêndice C). Baccaro et al. (2015) afirmam que muito pouco se sabe sobre as espécies do gênero *Cryptopone*, essas são visivelmente predadoras generalistas de pequenos artrópodes de corpo mole encontrados no solo. No mundo são encontradas 25 espécies e apenas duas são registradas no Brasil.

A subfamília Formicinae foi representada pelas espécies *Brachymyrmex admotus*, *Brachymyrmex* sp. 1 e *Camponotus fastigatus*. A espécie *Brachymyrmex admotus* foi coletada em duas áreas estudadas, campo nativo, área não minerada (T1) e plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), apresentando-se como pouco frequente (pf) nessas áreas. A espécie *Brachymyrmex* sp. 1 foi coletada em todas as áreas, sendo muito frequente (mf) na área campo nativo, área minerada (T2), frequente (f) nas áreas de campo nativo, área não minerada (T1) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) e pouco frequente (pf) em plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3), plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) (Apêndice C). Boa parte das espécies do gênero *Brachymyrmex* é tolerante à perturbações, podendo ser encontradas em áreas altamente antropizadas (BACCARO et al., 2015). A espécie *Camponotus fastigatus* foi encontrada nas áreas com campo nativo, área não

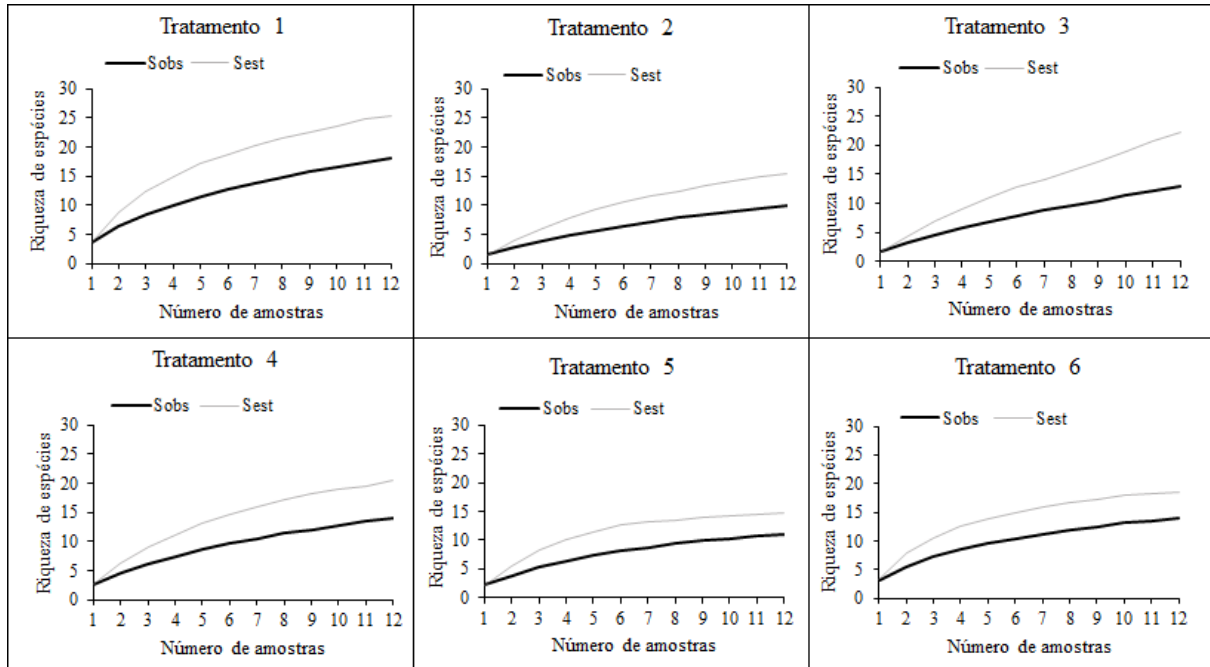
minerada (T1), plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), sendo pouco frequente (pf) nessas áreas (Apêndice C).

Observa-se, na Tabela 3.1, que nas áreas mineradas ocorrem espécies de formigas generalistas e onívoras, isso ocorre porque de acordo com Queiroz (2013), essas espécies são as primeiras a colonizarem áreas após distúrbio, formando uma comunidade menos rica e com uma composição totalmente diferente da anterior, ou seja, antes da antropização.

3.3.2 Riqueza observada (S_{obs}) e riqueza estimada (S_{est})

Os resultados de riqueza observada e riqueza estimada para cada área, utilizando o método de estimativa *Jackknife 1*, com 100 aleatorizações, foram: área de campo nativo, área não minerada, com $S_{obs} = 18$ e $S_{est} = 25,33$; campo nativo, área minerada, com $S_{obs} = 10$ e $S_{est} = 15,5$; plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada, apresentando $S_{obs} = 13$ e $S_{est} = 22,17$; plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada, com $S_{obs} = 14$ e $S_{est} = 20,42$; plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada com $S_{obs} = 11$ e $S_{est} = 14,67$ e plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada, com $S_{obs} = 14$ e $S_{est} = 18,58$ (Figura 3.3).

Figura 3. 3 - Curvas de riqueza observada (Sobs) e estimada (Sest) de espécies de formigas coletadas no solo de áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.



Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6). Fonte: Leandra Pedron, 2016.

As áreas com plantio de *E. dunnii*, área minerada, e plantio de *E.dunnii*, área não minerada, apresentaram as maiores eficiências amostrais quando comparadas às outras áreas estudadas, com 75,3% e 75%, respectivamente. A área com campo nativo, área não minerada, apresentou eficiência amostral de 71,1%; a área plantio de *A. mearnsii*, área minerada, obteve 68,6%; a área campo nativo, área minerada, apresentou 64,5% e a área plantio de *A. mearnsii*, área não minerada, obteve 58,6% de eficiência amostral.

Analisando a Figura 3.3, percebe-se que as curvas não estabilizaram, demonstrando que o esforço amostral não foi suficiente para amostrar as espécies existentes nas áreas dos tratamentos, sendo possível encontrar maior riqueza de espécies nessas áreas. Santos et al. (2006) afirmam que não estabilização da curva do coletor para comunidades de formigas é evento comum e pode estar ligado à distribuição agregada das espécies e à raridade de várias espécies, e Brower e Zar (1984) e Durigan (2004), comentam que dados coletados em campo representam uma amostra da comunidade local e são influenciados por outros fatores, como tamanho da área amostrada, heterogeneidade de ambientes e formas de distribuição espacial das populações nas comunidades inventariadas, além do esforço amostral.

3.3.3 Índices de Diversidade e Similaridade

Analisando a Tabela 3.2, observa-se que a área com campo nativo, área minerada (T2) apresentou o maior índice de diversidade de Shannon, com $H' = 1,87$, e que o menor índice foi apresentado pela área com plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6), com $H' = 1,31$. A partir desses resultados, pode-se inferir que, em relação às outras áreas estudadas, a área de campo nativo, área minerada, é a mais diversificada e a área de plantio de *E. dunnii*, área minerada, a menos diversificada.

O Índice de Equitabilidade de Pielou (J') foi maior para a área campo nativo, área minerada (T2), sendo $J' = 0,81$, e menor para as áreas plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6), ambas com $J' = 0,50$ (Tabela 3.2). Esse índice indica a distribuição da fauna nas áreas coletadas, assim, na área com campo nativo, área minerada (T2), que apresentou maior índice de Equitabilidade, a mirmecofauna está distribuída mais uniformemente, e nas áreas em que o índice foi menor, a mirmecofauna não está distribuída de forma uniforme.

Tabela 3. 2 - Índices de Diversidade de Shannon e de Equitabilidade de Pielou de espécies de formiga coletadas no solo de áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Tratamentos ¹ | H' ² | J' ² |
|--------------------------|-----------------|-----------------|
| T1 | 1,76 | 0,61 |
| T2 | 1,87 | 0,81 |
| T3 | 1,34 | 0,52 |
| T4 | 1,33 | 0,5 |
| T5 | 1,78 | 0,74 |
| T6 | 1,31 | 0,50 |

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6).

² H': Índice de Diversidade de Shannon.

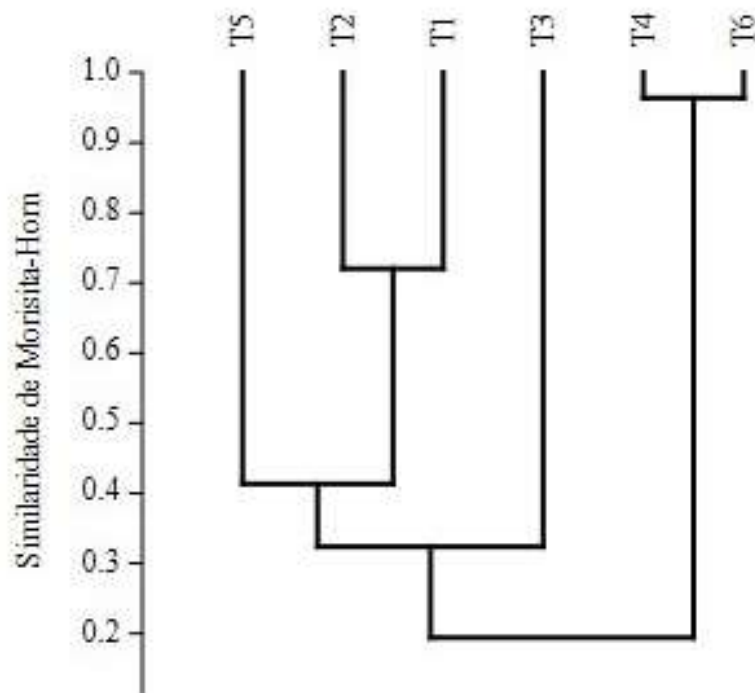
³ J': Índice de Equitabilidade de Pielou.

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

De acordo com o Índice de Morisita-Horn, observando a Figura 3.4, percebe-se que houve similaridade entre as áreas com campo nativo, área não minerada (T1) e campo nativo, área minerada (T2) e entre as áreas plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6). A maior similaridade ocorreu entre as áreas com plantio de *A.*

mearnsii, área minerada (T4) versus plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) ($Imh = 0,95$) e a menor similaridade foi das áreas T4 versus T6 em relação às outras áreas estudadas ($Imh = 0,20$) (Figura 3.4).

Figura 3. 4 - Dendrograma de similaridade de Morisita-Horn para formigas coletadas no solo de áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

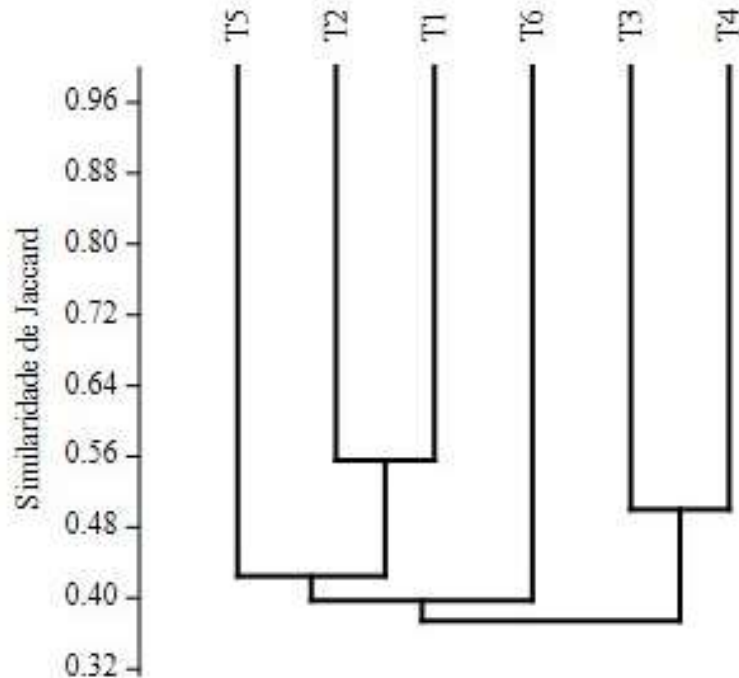


Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6). Fonte: Leandra Pedron, 2016.

O Índice de similaridade de Jaccard demonstrou que houve similaridade entre as áreas com campo nativo, área não minerada (T1) e campo nativo, área minerada (T2), com $Sj = 0,56$; e entre as áreas plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4), com $Sj = 0,50$ (Figura 3.5), indicando que as áreas T1 e T2 e T3 e T4 apresentaram espécies em comum, independentemente do número de espécies coletadas.

As áreas T3 e T4 apresentaram menor índice quando comparadas com as outras áreas estudadas, com $Sj = 0,37$ (Figura 3.5), indicando que apresentam algumas espécies comuns entre si, e algumas diferentes de todas as outras áreas, como é o caso da espécie *Pheidole* sp. *Flavens* sp. *1*, que ocorreu apenas nessas áreas.

Figura 3. 5 - Dendrograma de similaridade de Jaccard para formigas coletadas no solo de áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.



Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6). Fonte: Leandra Pedron, 2016.

3.3.4 Análise estatística

Para análise estatística, foi realizada análise de variância (ANOVA) para a abundância e riqueza de espécies. Os dados foram submetidos ao teste de agrupamento de médias Scott-Knott, com 5% de probabilidade de erro, demonstrando que houve diferença significativa para as médias de abundância de espécimes e de riqueza de espécies para as áreas (Tabela 3.3).

Tabela 3. 3 - Médias de abundância e riqueza para a mirmecofauna coletada no solo de áreas não mineradas e áreas mineradas e recuperadas de uma mina de carvão, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015

| Tratamentos ¹ | Abundância média | Riqueza média |
|--------------------------|------------------|---------------|
| T1 | 54,80 a* | 3,67 a |
| T2 | 3,70 b | 1,50 b |
| T3 | 16,30 b | 1,67 b |
| T4 | 28,80 a | 2,67 a |
| T5 | 17,20 b | 2,17 b |
| T6 | 54,70 a | 3,25 a |
| CV²(%) | 78,35 | 26,12 |

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6).

² CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

De acordo com a Tabela 3.3, observa-se que as áreas com campo nativo, área não minerada (T1), plantio de *A. mearnsii*, área minerada (T4) e plantio de *E. dunnii*, área minerada (T6) não diferem entre si tanto para a abundância de espécimes quanto para a riqueza de espécies, mas diferem das demais áreas. O que pode ser justificado pelo fato dessas três áreas serem mais abundantes e ricas em número de espécies, quando comparadas às outras áreas (Tabela 3.1).

As áreas com campo nativo, área minerada (T2), plantio de *A. mearnsii*, área não minerada (T3) e plantio de *E. dunnii*, área não minerada (T5) não diferiram entre si tanto para abundância quanto para riqueza de espécies, diferindo das demais áreas deste estudo (Tabela 3.3). Esse fato pode ser explicado por essas áreas apresentarem os menores valores para abundância e riqueza de espécies, como é observado na Tabela 3.1.

3.3.5 Influência das variáveis meteorológicas sobre a riqueza de espécies de formigas e as três espécies mais abundantes

Pode-se perceber, através de correlação simples, que os fatores climáticos não apresentaram influência significativa na riqueza de formigas coletadas durante este estudo. Observando a Tabela 3.4, nota-se que a precipitação, temperatura e umidade relativa do ar que

ocorreram em Candiota, RS, no período do estudo, não influenciaram a riqueza de espécies da mirmecofauna nas áreas estudadas.

Tabela 3. 4 - Correlação da riqueza de espécies de formigas e das três espécies mais abundantes coletadas a partir de amostras de solo e as principais variáveis meteorológicas, em áreas mineradas e não mineradas, em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

| Correlação | Coefficiente (r) | Significância |
|---|------------------|---------------|
| Riqueza x Precipitação | -0.2635 | ns |
| Riqueza x Temperatura | 0.0369 | ns |
| Riqueza x Umidade | 0.1169 | ns |
| <i>Brachymyrmex</i> sp.1 x Precipitação | -0.3917 | ns |
| <i>Brachymyrmex</i> sp.1 x Temperatura | 0.1578 | ns |
| <i>Brachymyrmex</i> sp.1 x Umidade | -0.6242 | * |
| <i>Solenopsis</i> sp.1 x Precipitação | -0.4529 | ns |
| <i>Solenopsis</i> sp.1 x Temperatura | 0.4462 | ns |
| <i>Solenopsis</i> sp.1 x Umidade | 0.0123 | ns |
| <i>Solenopsis</i> sp.3 x Precipitação | -0.6342 | * |
| <i>Solenopsis</i> sp.3 x Temperatura | 0.2955 | ns |
| <i>Solenopsis</i> sp.3 x Umidade | -0.4497 | ns |

*Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,1 \geq p < 0,05$)

ns: não significativo ($p \geq 0,05$).

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

Em relação às três espécies mais abundantes neste estudo, observa-se, na Tabela 3.4, que houve correlação negativa entre *Brachymyrmex* sp. 1 e a variável meteorológica umidade relativa do ar, indicando que o número de indivíduos desta espécie aumenta quando a umidade do ar diminui. Verificou-se ainda correlação negativa entre *Solenopsis* sp. 3 e a precipitação, sugerindo que com o aumento da precipitação há diminuição no número de indivíduos dessa espécie. Cividanes (2002) também observou correlação negativa entre espécies do gênero *Solenopsis* com a precipitação, inferindo que estas podem ter sido favorecidas pela menor precipitação.

3.4 CONCLUSÕES

Na presente pesquisa, nas condições em que foi estabelecida e conduzida, os dados obtidos pela extração das formigas com funil de Berlese, permitem concluir que:

- Dos 16 gêneros coletados, os gêneros mais abundantes foram *Brachymyrmex*, *Solenopsis* e *Hypoponera*.
- O total de espécimes de formigas coletadas e a riqueza de espécies diferem entre as áreas que não foram mineradas e as que foram mineradas e sofreram o processo de recuperação.

REFERÊNCIAS

- ACCACIO, G. de M. et al. Ferramentas biológicas para avaliação e monitoramento de *habitats* naturais fragmentados. p. 368-390. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. de (Eds.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF, 2003, 510 p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ANDOW, D. A. Vegetational diversity and arthropod population responses. **Annual Review of Entomology**, Califórnia, v. 36, p. 561-586, 1991.
- ANDRÉ, H.M.; DUCARME, X.; LEBRUN, P. Soil biodiversity: myth, reality or conning? **Oikos**, Copenhagen, v. 96, p. 324, 2002.
- BACCARO, F. B. et al. **Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil**. Manaus, Editora INPA. 2015. 388 p.
- BASSET, Y. et al. Assessing the impact of forest disturbance on tropical invertebrates: some comments. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 35, n. 3. p. 461-466, 1998.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; **Field & laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, 1984. 226p.
- CAETANO, F. H.; JAFFÉ, K.; ZARA, F. J. **Formigas: biologia e anatomia**. Rio Claro: F.H.C., 2002. 42 p.
- CIVIDANES, F. J. Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 15-23, 2002.
- COLWELL, R. K. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0**. 2013. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>>. Acesso em: 18 jan. 2016.
- DURIGAN, G.; Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN JR., L. et al., (org), **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004. p. 455-480.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESPÍNDOLA, M. B. et al. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos legais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 18, p. 27-38, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FORTES, A. B. **Compêndio de geografia geral do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Sulina. 1979. 101 p.

FOWLER, H. G. et al. Ecologia Nutricional de formigas. In: PANIZZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991.

GILLER, P.S. The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. **Biodiversity and Conservation**, v. 5, p. 135-168, 1996.

GRIFFITH, J. J. O estado da arte na recuperação de áreas mineradas no Brasil. In: Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 1. **Anais...** Curitiba, 1992: Fupef, p. 77-82.

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

HOFFMANN, B. D.; ANDERSEN, A. N. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. **Austral Ecology**, Carlton, v. 28, n. 4, p. 444-464, 2003.

HÖLDOBLER, B.; WILSON, E.O. **The Ants**. Cambridge: Harvard University Press, 1990. 738p.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade ecológica**. Tradução Dana Moiana Vianna. Curitiba: Ed. da UFPR, 2011. 261 p.

MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R. da; BERBARA, R. L. L. **Biodiversidade e Índices**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. (Documentos, 107). 20 p.

MCGEOCH, M. A. The selection, testing application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Review**, Cambridge, v. 73, n. 1, p. 181-201, 1998.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

QUEIROZ, A. C. M. **Formigas como indicadoras de impacto e reabilitação em áreas de mineração**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

QUEIROZ, J. M.; ALMEIDA, S. F., PEREIRA, M. P. S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 13, p. 37-45, 2006.

ROCHA, W. O. O garimpo de diamantes como fator da degradação ambiental no Município de Poxoréu - MT. **Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas**, Curitiba, 2008.

RODRIGUES, K. M. et al. **Funis de Berlese-Tüllgren modificados utilizados para amostragem de Macroartrópodes de Solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 6 p. (Circular técnica, 22).

SANTOS, M. S. et al. 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.**, Porto Alegre. v. 96, n. 1, p. 95-101, mar. 2006.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software Assistat-statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTUMIDADE RELATIVAE, 7. Reno, USA: **Anais...** Reno, USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, R. R.; SILVESTRE, R. Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em Seara, Santa Catarina. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 44, n. 1, p. 2-11, 2004.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres LTDA., 1976, 419 p.

SILVESTRE, R.; SILVA, R. R. da. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antônio – SP. Sugestões para aplicação do modelo de guildas como bio-indicadores ambientais. **Biotemas**, Florianópolis, v.14, n. 1, p.37-69, 2001.

VALENTIM, C. L. **Formigas como bioindicadoras de impactos ambientais e de reabilitação de áreas após atividades de mineração**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

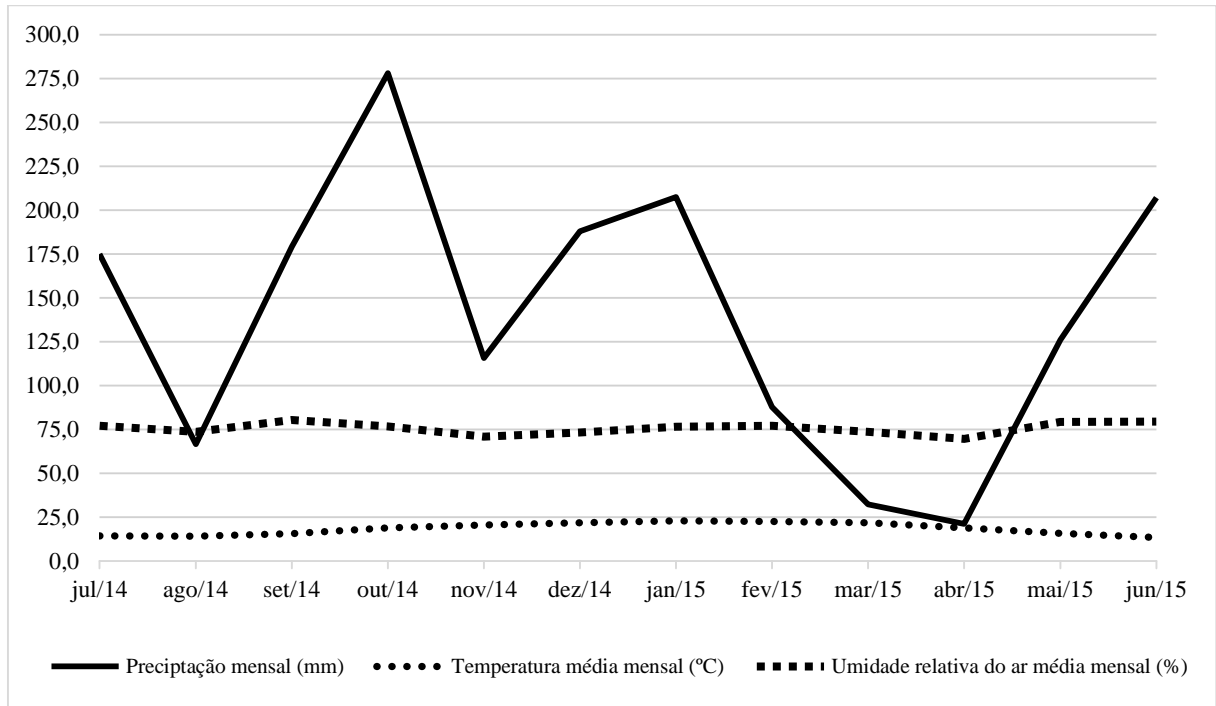
WILLIAMS, D. D., BUGIN, A., REIS, J. L. B. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96p.

WILSON, E. O. ***Pheidole in the New World***, a dominant, hyperdiverse ant genus. Massachusetts: Harvard University Press, 2003. 794p.

WOLTERS, V. Biodiversity of soil animals and its function. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 221-227, 2001.

ZVIRTES, G. **Mapa do estado do Rio Grande do Sul e limítrofes com destaque ao município de Candiota**. 2013.

APÊNDICE A – VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS OBTIDAS JUNTO AO INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) ATRAVÉS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAGÉ, RS, JUL/2014 A JUN/2015.



APÊNDICE B - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS AMOSTRADAS COM ISCA ATRATIVA EM ÁREAS NÃO MINERADAS E EM ÁREAS MINERADAS E RECUPERADAS DE UMA MINA DE CARVÃO, EM CANDIOTA, RS – JUL/2014 A JUN/2015.

| Subfamília/Tribo/Espécies | Tratamentos ¹ | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------|------------|-----------|--------------|------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
| DOLICHODERINAE | | | | | | | |
| Dolichoderini | | | | | | | |
| <i>Dorymyrmex pyramicus</i> | - | 11(9,2) pf | - | 3(2,5) pf | - | - | 13(10,8) f |
| <i>Dorymyrmex</i> sp.1 | 1(0,8) pf ² | 5(4,2) pf | - | 1(0,8) pf | - | - | 2(1,7) pf |
| <i>Forelius brasiliensis</i> | - | - | - | - | - | - | 7(5,8) pf |
| <i>Gracilidris pombero</i> | - | 1(0,8) pf | - | 2(1,7) pf | - | - | 1(0,8) pf |
| <i>Linepithema humile</i> | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - | - |
| <i>Linepithema iniquum</i> | - | 1(0,8) pf | - | - | - | - | - |
| <i>Linepithema pullex</i> | - | 4(3,3) pf | - | 1(0,8) pf | - | 5(4,2) pf | 1(0,8) pf |
| ECTATOMMINAE | | | | | | | |
| Ectatommini | | | | | | | |
| <i>Ectatomma edentatum</i> | 1(0,8) pf | - | 5(4,2) pf | - | 1(0,8) pf | - | - |
| FORMICINAE | | | | | | | |
| Camponotini | | | | | | | |
| <i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp.1 | - | - | - | - | - | - | 1(0,8) pf |
| <i>Camponotus (Myrmaphaenus)</i> sp.2 | - | 1(0,8) pf | - | - | - | 1(0,8) pf | 3(2,5) pf |
| <i>Camponotus fastigatus</i> | 25(20,8) mf | 49(40,8) mf | 5(4,2) pf | 17(14,2) f | - | 12(10,0) f | 20(16,7) f |
| <i>Camponotus mus</i> | 7(5,8) pf | - | 1(0,8) pf | 2(1,7) pf | - | - | 12(10,0) f |
| <i>Camponotus rufipes</i> | 3(2,5) pf | 2(1,7) pf | - | 11(9,2) pf | - | 30 (25,0) mf | 8(6,7) pf |
| Plagiolepidini | | | | | | | |
| <i>Brachymyrmex admotus</i> | 4(3,3) pf | - | 4(3,3) pf | 1(0,8) pf | - | - | 9(7,5) pf |
| <i>Brachymyrmex heeri</i> | - | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Nylanderia</i> sp.1 | 1(0,8) pf | 2(1,7) pf | - | - | - | - | - |

Continua...

APÊNDICE B - Continuação...

| Subfamília/Tribo/Espécies | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MYRMICINAE | | | | | | | |
| Attini | | | | | | | |
| <i>Acromyrmex ambiguus</i> | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - | - |
| <i>Pheidole aberrans</i> | 1(0,8) pf | - | - | 1(0,8) pf | - | 3(2,5) pf | - |
| <i>Pheidole astur</i> | 1(0,8) pf | - | 12(10,0) f | 9(7,5) pf | 1(0,8) pf | 4(3,3) pf | 1(0,8) pf |
| <i>Pheidole gagates</i> | - | - | 3(2,5) pf | - | 2(1,7) pf | - | - |
| <i>Pheidole gertudae</i> | - | - | 1(0,8) pf | - | - | 1(0,8) pf | - |
| <i>Pheidole</i> gp. <i>Flavens</i> sp.1 | 9(7,5) f | - | 23(19,2) mf | 2(1,7) pf | - | 3(2,5) pf | 5(4,2) pf |
| <i>Pheidole</i> gp. <i>Tristis</i> sp.2 | 1(0,8) pf | - | 1(0,8) pf | - | - | 3(2,5) pf | 1(0,8) pf |
| <i>Pheidole</i> gp. <i>Tristis</i> sp.3 | 4(3,3) pf | - | 9(7,5) f | 2(1,7) pf | 1(0,8) pf | 2(1,7) pf | 4(3,3) pf |
| <i>Pheidole nitidula</i> | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | 3(2,5) pf | 2(1,7) pf | 3(2,5) pf | - | - |
| <i>Pheidole obscurithorax</i> | 6(5,0) pf | 2(1,7) pf | 3(2,5) pf | 32(26,7) mf | 7(5,8) pf | 3(2,5) pf | 28(23,3) mf |
| <i>Pheidole</i> prox. <i>zelata</i> | 17(14,2) mf | 6(5,0) pf | 25(20,8) mf | 8(6,7) pf | 33(27,5) mf | 10(8,3) pf | 11(9,2) f |
| <i>Pheidole puttemansi</i> | 7(5,8) pf | - | - | 3(2,5) pf | 4(3,3) pf | 3(2,5) pf | 5(4,2) pf |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> | 15(12,5) f | 3(2,5) pf | 17(14,2) mf | 8(6,7) pf | 22(18,3) f | 31(25,8) mf | 8(6,7) pf |
| <i>Pheidole synarmata</i> | - | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> | 3(2,5) pf | - | 4(3,3) pf | 5(4,2) pf | - | 6(5,0) pf | 1(0,8) pf |
| <i>Wasmannia rochai</i> | 1(0,8) pf | - | - | 2(1,7) pf | - | - | 2(1,7) pf |
| <i>Wasmannia</i> sp. | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - | - |
| Crematogastrini | | | | | | | |
| <i>Crematogaster iheringi</i> | 2(1,7) pf | 5(4,2) pf | - | - | - | 3(2,5) pf | - |
| <i>Crematogaster quadriformis</i> | 3(2,5) pf | 2(1,7) pf | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | - | - | - |
| Pogonomyrmecini | | | | | | | |
| <i>Pogonomyrmex naegalii</i> | - | - | - | - | - | - | 1(0,8) pf |
| Solenopsidini | | | | | | | |
| <i>Solenopsis saevissima</i> | 19(15,8) mf | 37(30,8) mf | 2(1,7) pf | 1(0,8) pf | - | - | 12(10,0) f |
| <i>Solenopsis</i> sp.1 | 10(8,3) f | 7(5,8) pf | 10(8,3) f | 13(10,8) f | 5(4,2) pf | 1(5,8) pf | 31(25,8) mf |
| <i>Solenopsis</i> sp.3 | - | - | 1(0,8) pf | - | - | - | - |

Continua...

APÊNDICE B – Conclusão...

| Subfamília/Tribo/Espécies | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 |
|------------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PONERINAE | | | | | | | |
| Ponerini | | | | | | | |
| <i>Pachycondyla striata</i> | - | - | 13(10,8) f | - | 2(1,7) pf | - | - |
| S_{obs}³ | 23 | 17 | 20 | 25 | 13 | 17 | 24 |

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 1 (T6); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada 2 (T7), em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

² pf: pouco frequente; f: frequente e mf: muito frequente.

³ S_{obs}: riqueza observada de espécies de formigas.

Fonte: Leandra Pedron, 2016.

APÊNDICE C - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DE FORMIGAS DE SOLO EM ÁREAS NÃO MINERADAS E EM ÁREAS MINERADAS E RECUPERADAS DE UMA MINA DE CARVÃO, EM CANDIOTA, RS – JUL/2014 A JUN/2015.

| Subfamília/Tribo/Espécies | Tratamentos ¹ | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| DOLICHODERINAE | | | | | | |
| Dolichoderini | | | | | | |
| <i>Dorymyrmex sp.1</i> | - | - | - | - | - | 1(0,8) pf |
| <i>Gracilidris pombero</i> | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Linepithema iniquum</i> | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Tapinoma melanocephalum</i> | 2(1,7) pf ² | 4(3,3) mf | 3(2,5) f | 5(4,2) pf | 3(2,5) f | 3(2,5) pf |
| FORMICINAE | | | | | | |
| Plagiolepidini | | | | | | |
| <i>Brachymyrmex admotus</i> | 1(0,8) pf | - | - | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Brachymyrmex sp.1</i> | 6(5,0) f | 4(3,3) mf | 1(0,8) pf | 2(1,7) pf | 2(1,7) pf | 6(5,0) f |
| Camponotini | | | | | | |
| <i>Camponotus fastigatus</i> | 1(0,8) pf | - | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | - | - |
| MYRMICINAE | | | | | | |
| Attini | | | | | | |
| <i>Pheidole aberrans</i> | 2(1,7) pf | 2(1,7) f | 1(0,8) pf | 5(4,2) pf | - | 8(6,7) mf |
| <i>Pheidole astur</i> | - | - | - | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Pheidole cavifons</i> | 6(5,0) f | - | - | - | - | - |
| <i>Pheidole gertudae</i> | - | - | - | - | - | 1(0,8) pf |
| <i>Pheidole gp. Flavens sp.1</i> | - | - | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | - | - |
| <i>Pheidole gp. Tristis sp.3</i> | - | - | 1(0,8) pf | - | - | - |
| <i>Pheidole obscurithorax</i> | - | - | - | - | 1(0,8) pf | - |
| <i>Pheidole prox. zelata</i> | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | - | - | - | - |
| <i>Pheidole radoszkowskii</i> | 1(0,8) pf | - | 1(0,8) pf | - | 1(0,8) pf | 2(1,7) pf |

Continua...

APÊNDICE C – Conclusão...

| Subfamília/Tribo/Espécies | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|--------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|------------|
| <i>Strumigenys subdentata</i> | - | - | 1(0,8) pf | - | 4(3,3) f | - |
| <i>Trachymyrmex iheringi</i> | 1(0,8) pf | - | - | - | 1(0,8) pf | - |
| <i>Wasmannia auropunctata</i> | 1(0,8) pf | - | - | - | - | 4(3,3) pf |
| <i>Wasmannia rochai</i> | - | - | - | - | - | 1(0,8) pf |
| Crematogastrini | | | | | | |
| <i>Crematogaster iheringi</i> | 2(1,7) pf | - | - | - | - | - |
| Pogonomyrmecini | | | | | | |
| <i>Pogonomyrmex naegalii</i> | - | - | - | 1(0,8) pf | - | 1(0,8) pf |
| Solenopsidini | | | | | | |
| <i>Rogeria bruchi</i> | - | - | 1(0,8) pf | - | - | - |
| <i>Solenopsis saevissima</i> | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | 2(1,7) pf | 2(1,7) pf | - | - |
| <i>Solenopsis sp.1</i> | 7(5,8) f | 1(0,8) pf | 5(4,2) mf | 3(2,5) pf | 6(5,0) mf | 5(4,2) f |
| <i>Solenopsis sp.2</i> | 2(1,7) pf | - | - | - | 1(0,8) pf | - |
| <i>Solenopsis sp.3</i> | 3(2,5) pf | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | 16(13,3) mf | 7(5,8) mf | 11(9,2) mf |
| <i>Solenopsis sp.4</i> | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | - | - | - | - |
| PONERINAE | | | | | | |
| Ponerini | | | | | | |
| <i>Cryptopone sp.</i> | - | - | - | - | - | 2(1,7) pf |
| <i>Hypoponera sp.1</i> | 16(13,3) mf | 2(1,7) f | 6(5,0) mf | 3(2,5) pf | 6(5,0) mf | 4(3,3) pf |
| <i>Hypoponera sp.2</i> | 1(0,8) pf | 1(0,8) pf | - | - | 2(1,7) pf | 1(0,8) pf |
| S_(obs)³ | 18 | 10 | 13 | 14 | 11 | 14 |

¹ Tratamentos: campo nativo, área não minerada (T1); campo nativo, área minerada (T2); plantio de *Acacia mearnsii*, área não minerada (T3); plantio de *Acacia mearnsii*, área minerada (T4); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área não minerada (T5); plantio de *Eucalyptus dunnii*, área minerada (T6), em Candiota, RS – jul/2014 a jun/2015.

² pf: pouco frequente; f: frequente e mf: muito frequente.

³ S_{obs}: riqueza observada de espécies de formigas.

Fonte: Leandra Pedron, 2016.