



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



**RIQUEZA FUNCIONAL DE FORMIGAS SOB RESTAURAÇÃO ATIVA  
NO CERRADO**

CAMPO GRANDE – MS

2021



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



## **RIQUEZA FUNCIONAL DE FORMIGAS SOB RESTAURAÇÃO ATIVA NO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de  
Curso (TCC)  
apresentado como pré-requisito para  
conclusão do curso de Ciências  
Biológicas – Bacharelado e obtenção  
do título de Bacharel pela Fundação  
Universidade Federal de Mato Grosso  
do Sul – UFMS/Cidade Universitária.

**Nathália Dias Teixeira**

Orientadora: Prof. Dra. Leticia Couto Garcia

## RESUMO

O Cerrado é um bioma que atualmente sofre fortes ameaças, sendo que para monitorar a restauração dessas áreas, o uso de formigas se mostra muito eficiente por serem bioindicadoras de qualidade ambiental. O objetivo desse estudo foi avaliar a riqueza de espécies, riqueza funcional, e os grupos funcionais de formigas em uma cronosequência de áreas com duas idades distintas (2 e 5 anos) após ações de restauração ativa por plantio de mudas comparadas à referência (áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios) do Cerrado. Testamos as hipóteses de que 1) haveria um aumento progressivo da riqueza de espécies e riqueza funcional e dos grupos funcionais sendo que a área de referência apresentará maiores valores desses indicadores, e 2) que haja uma variação na composição de formigas entre as áreas, ao longo da cronosequência. Em cada um dos três tratamentos da cronosequência (duas réplicas por tratamento), foram colocadas armadilhas do tipo pitfall, divididas em dois transectos paralelos a 2 metros, sendo as armadilhas espaçadas entre si a 15 metros, com 4 armadilhas cada ao todo. Foi utilizado Jackknife 1ª ordem para verificar a estimativa de riqueza das formigas e para a medida de riqueza funcional, foram analisados o comprimento total dos ramos dos dendrogramas. A estimativa de riqueza de espécies para a área de referência foi de 81,75, seguido por 72,2 na área inicial e 61,25 na área média. Para a riqueza funcional, o mesmo padrão foi encontrado, com a área de referência apresentando 10 grupos funcionais, seguido da faixa etária inicial com 7 e pela faixa etária média com 8. Detectamos que a riqueza funcional estava relacionada com a riqueza de espécies ( $R^2 = 0,85$ ). Já para os grupos funcionais, na área inicial foram obtidos 8 grupos funcionais, na área média 10 grupos funcionais e referência positiva 14 grupos funcionais. Notamos um incremento no número de grupos funcionais ao longo da cronosequência, sendo possível verificar que está havendo uma recuperação dos grupos funcionais ao longo do gradiente, porém, os valores numéricos da riqueza de espécies e da riqueza funcional foram mais expressivos na área inicial do que da média. Dessa forma, a restauração de áreas em uma cronosequência auxilia na manutenção e recuperação da biodiversidade.

**Palavras Chaves:** Bioindicadores, Recolonização de Fauna, Mimercofauna

## ABSTRACT

The Cerrado is a biome that is currently under strong cure, and to monitor the restoration of these areas, the use of ants is very efficient because they are bioindicators of environmental quality. The objective of this study was to evaluate the species richness, functional richness, and functional groups of ants in a chronosequence of areas with two distinct ages (2 and 5 years) after active restoration actions by planting seedlings compared to the reference (hair areas minus 20.5 years without disturbances) of the Cerrado. We tested the hypotheses that there would be a progressive increase in species richness and functional richness and in functional groups in which the reference area will present higher numbers of these indicators, in addition to variation in the composition of ants between areas. In each of the three treatments of the chronosequence (two replicates per treatment), pitfall traps were placed, divided into two parallel transects at 2 meters and spaced 15 meters apart, with 4 traps each in all. 1st order Jackknife was used to verify the ant richness estimate and for the measure of functional richness, the total length of the branches of the

dendrograms were analyzed. Thus, when we analyzed 1st order Jackknife, we found that the estimated species richness for the reference area was 81.75, followed by 72.2 in the initial area and 61.25 in the average area. For functional richness, the same numerical pattern occurred, with the positive reference showing 10, followed by the initial age group with 7 and the average age group with 8. We detected that the functional richness was related to the species richness ( $R^2=0.8488$ ). As for the functional groups, in the initial area 8 functional groups were obtained, in the average area 10 functional groups and a positive reference 14 functional groups. Thus, it is possible to verify that there is a recovery of functional groups along the chronosequence, however, the numerical values of species richness and functional richness were more expressive in the initial area than in the average. In this way, the restoration of areas in a chronosequence helps in the maintenance and recovery of biodiversity

**Keywords:** Bioindicators, Fauna Recolonization, Myrmecology

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
3	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
4	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>13</b>
5	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>15</b>
6	<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>17</b>
7	<b>ANEXOS.....</b>	<b>18</b>
8	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

## INTRODUÇÃO

A necessidade mundial pela restauração de ecossistemas aumentou significativamente nos últimos anos, sendo que a restauração ecológica foi integrada às principais políticas internacionais relacionadas a preservação da biodiversidade (Aronson & Alexander, 2013, Menz et al. 2013, Jørgensen, 2015). A restauração tem como objetivo o reestabelecimento da estrutura vegetal, assim como, conseqüentemente, da ecologia das comunidades locais, de maneira que a recuperação natural destes ecossistemas ocorra de forma facilitada (Engel & Parrota, 2003; Gomez-Aparicio et al., 2004).

Considerando que a ação antrópica é uma das principais causas da perda de habitat, fragmentação e, conseqüentemente, perda da biodiversidade, o Cerrado é um dos biomas que vem sendo mais ameaçados devido, principalmente, pela expansão da agricultura e pecuária (Machado et al., 2004). Assim, a restauração ativa ou passiva é uma maneira efetiva para auxiliar no processo de preservação da biodiversidade (Holl & Aide, 2011). Na restauração ativa é necessária a intervenção humana para que o ecossistema retorne ao seu estado natural. Já na restauração passiva temos o processo passivo, em que sozinho o ecossistema será capaz de se reconstituir.

Para realizar o monitoramento de áreas restauradas ou que estão em processo de restauração, o uso de artrópodes terrestres se mostrou muito eficiente nos últimos anos, principalmente o uso de grupos funcionais, pela sua abundância, grande diversidade e a sensibilidade que apresentam às mudanças ambientais

(Majer, 1983; Kremen et al., 1993; Borges et al 2021). Destaca-se o uso de grupos taxonômicos pertencentes à Hymenoptera, assim como o uso de grupos funcionais principalmente para formigas (Formicidae) (Borges et al 2021). Além disso, estudos recentes vêm utilizando formigas no monitoramento de áreas em restauração, uma vez que são facilmente amostradas, apresentam ampla distribuição e são bem conhecidas taxonomicamente (Hölldobler & Wilson, 1990; Silva & Brandão, 1999; Silvestre & Silva, 2001; Majer et al., 2007). Porém, poucos são os estudos que comparam as áreas de restauração com áreas de referência (Borges et al., 2021). Uma área de referência é a meta que as áreas em processo de restauração devem alcançar, é um ambiente que tem as características de área não perturbada apresentando fatores abióticos e bióticos (Casimiro, 2019). Isso é relevante uma vez que as formigas estão presentes tanto em habitats preservados quanto em áreas perturbadas, sendo utilizadas em avaliações de impactos ambientais, tais como desmatamento, extração de madeira, queimadas, mineração e urbanização (Majer, 1983; Underwood & Fisher, 2006; Philpott et al., 2010). Dessa forma, formigas são utilizadas como bioindicadores, nos dando informações sobre a qualidade ambiental de uma área através da presença ou ausência de determinadas espécies (Underwood & Fisher, 2006).

Considerando o uso de formigas em áreas em restauração, a restauração ativa leva mais tempo para recuperar a riqueza de espécies e grupos funcionais, sendo que a disponibilidade de recursos está diretamente ligada a diversidade de formigas (Casimiro, 2019). Porém, vale ressaltar que a restauração ativa é indicada para ambientes que estão mais degradados, enquanto que a passiva para ambientes que ainda possuem resiliência. Assim, sabendo que a riqueza e composição de formigas está relacionada ao tempo que uma determinada área leva

para se regenerar, o monitoramento ambiental avaliando o estabelecimento de comunidades de formigas com espécies de vegetação primárias, secundárias e climáticas em áreas sob restauração, pode representar uma estratégia eficiente de monitoramento dos processos de restauração.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a riqueza de espécies e riqueza funcional de formigas em uma cronossequência de áreas sob estágios iniciais de restauração ativa no Cerrado, assim como verificar a diferença de riqueza e grupos funcionais entre as áreas sob restauração ativa, testando as hipóteses de que (i) a área referência apresentará maior riqueza de espécies do que as áreas inicial e média por se tratar de um ambiente com maior estruturação da vegetação, (ii) a composição de espécies de formigas irá variar entre as áreas e (iii) a riqueza funcional e grupos funcionais será maior na área referência do que na inicial e média, esperando uma aumento progressivo relativo à cronossequência.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi desenvolvido na Área de Proteção Ambiental (APA) Guariroba localizada no município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, entre janeiro e fevereiro de 2018 (Borges et al., in prep.; Fig. 1). A área de estudo está localizada no bioma Cerrado, considerado um *hotspot* para a conservação de biodiversidade, é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando uma área de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup> (Ratter et al., 1997). Localizado no planalto central do Brasil, o Cerrado apresenta fitofisionomias savânicas e campestres (Ribeiro et al., 1998). No entanto, o bioma vem sofrendo ameaças devido, principalmente, as atividades de agricultura

e pecuária (Machado et al., 2004; Cardoso Da Silva & Bates, 2006). Nos últimos 35 anos houve o aumento de 5,6 vezes das atividades pecuárias, que ocupam 44% da área de cerrado, além da perda de 19,8% do seu território. Ainda, no Mato Grosso do Sul houve a perda de 3,44 milhões de hectares nos últimos 30 anos, o que está correlacionado ao aumento da agricultura na região, principalmente ao cultivo de eucalipto (Mapbiomas, 2021). Foi avaliada uma cronossequência de áreas ripárias em restauração, com idades de 2 e 5 anos desde a intervenção inicial, estabelecendo, como referência positiva, áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios (Mapbiomas, 2017). Cada área avaliada contem 2 réplicas, totalizando 6 réplicas que estão dispostas cada uma em uma área de 30 metros. Vale ressaltar que o uso de áreas de referência em estudos de restauração é escassos (Borges et al 2021; Guerra et al. 2020). Na APA Guariroba, a paisagem é caracterizada por uma matriz pastoril de exploração continuada, por, pelo menos, 35 anos, com predomínio de gramíneas exóticas (Mapbiomas, 2017; Oliveira et al, 2017). A técnica de restauração empregada foi a ativa com plantio de espécies nativas, em um espaçamento de 3 x 2 metros entre mudas, com uso de controle químico de formigas e de gramíneas invasoras na fase inicial (até o 2º ano após a implantação), e supressão do pastoreio por cercamento.

### **Coleta de formigas**

Borges et al. (in prep.) realizaram o monitoramento da restauração a partir do estudo da interface (borda) entre as áreas de restauração e a matriz. Para tanto, utilizaram o desenho amostral bilateral de avaliação, a saber, a análise considerando ambos os lados da interface, a partir da definição de transectos com pontos de coleta desde o interior da matriz até o interior das áreas em restauração. Tal

desenho amostral foi adotado devido seu potencial e capacidade de fornecer informações considerando o fragmento em restauração como profundamente relacionado ao contexto da paisagem (Fonseca & Joner, 2007; Barnes et al, 2014). No entanto, foram realizadas adaptações no estudo de Borges et al. (in prep.). Assim, foram desconsideradas as áreas de matriz, uma vez que temos a finalidade de avaliar apenas a cronossequência de áreas sob restauração ativa. Ademais, Borges et al. (in prep.) também consideram variáveis de distância da interface (borda), a qual também foi desconsiderada, uma vez que a interface sofreria influência da área de matriz, a qual foi desconsiderada por não ser afetada diretamente pela restauração ativa. Desta forma, em adaptação ao desenho amostral de Borges et al. (in prep.) foi considerada apenas o interior das áreas com vegetação nativa, as quais diferiam quanto à classe de desenvolvimento da área (dois anos, cinco anos e referência positiva 20,5 anos); cada classe teve duas réplicas (duas áreas). Em cada uma das áreas de coleta foram instaladas 4 armadilhas do tipo pitfall divididas em dois transectos paralelos a dois metros, com as armadilhas separadas por 15 metros. Cada pitfall foi constituído por um recipiente plástico com 10,7 cm de diâmetro por 7,5 cm de altura, sendo o seu volume preenchido em 1/3 por água, acrescentando 4 gotas de detergente para quebra da tensão superficial (De Aquino et al, 2006).

As formigas coletadas foram etiquetadas e acondicionadas em recipientes com álcool 70% para triagem e posterior montagem e identificação em laboratório. Para a identificação das formigas foram utilizadas as chaves de identificação de Baccaro et al., (2015). Posteriormente, foram estabelecidos os traços funcionais que seriam utilizados nas análises. A escolha dos traços funcionais está relacionada à caracteres funcionais que as formigas podem apresentar em áreas em restauração,

envolvendo disponibilidade de recurso e complexidade ambiental (Tabela 1). Para a obtenção das informações sobre a biologia das espécies de formigas afim de compor as características dos traços funcionais foi utilizado as informações contidas em Baccaro et al., (2015) e no AntWiki: The Ants. Assim, foram coletadas as informações para compor o banco de dados dos traços funcionais a nível de gênero, uma vez que além de que gênero é nicho restritivo para Formicidae, não existem informações completas para todas as espécies.

### **Análise de dados**

Foi utilizado Jackknife 1ª ordem para verificar a estimativa de riqueza das formigas encontradas em uma cronossequência de áreas sob restauração ativa no Cerrado, incluindo valores máximos e mínimos.

Para a medida de riqueza funcional, foram utilizados os métodos de Petchey & Gaston (2002, 2006). Assim, primeiramente foi realizada uma matriz funcional entre espécies de formigas e características funcionais (Tab. 1). Em seguida, foi convertida a matriz funcional em matriz de distância, sendo utilizada a distância de Jaccard. Deste modo, obtemos ainda os valores da riqueza funcional baseado nos traços funcionais. A partir do agrupamento da matriz de distância, foram criados três dendrogramas a partir da correlação de Pearson. Assim, foram calculados o comprimento total das ramificações dos mesmos, a fim de determinar os grupos funcionais. As linhas de corte foram definidas de maneira arbitrária, como proposto em (Petchey, 2004), de modo que evitamos cortes muito baixos para não reduzir ao nível de guilda. E por fim, foi realizada uma regressão linear entre a riqueza funcional e a riqueza de espécies de formigas a fim de verificar a relação dessas

variáveis encontrada entre as áreas. Todas as análises foram realizadas através do programa R (R core team 2020) e pacote vegan (Oksanen et al., 2020).

## RESULTADOS

Foram obtidos o total de 87 espécies de formigas, distribuídas em 34 gêneros e 7 subfamílias, sendo elas: Dolichoderinae (8), Dorylinae (5), Ectatomminae (8), Formicinae (17), Myrmicinae (38), Paraponerinae (1), Ponerinae (6) e Pseudomyrmecinae (4). Os gêneros *Camponotus* e *Pheidole* são os mais representados com 7 espécies, ocorrendo nas três faixas etárias. A subfamília Myrmicinae apresentou maior riqueza (38 espécies) enquanto Paraponerinae a menor (apenas uma). Essa alta proporção de Myrmicinae pode ser explicada por serem, em sua maioria, generalistas e estarem adaptadas a forragear e nidificar em diferentes locais. Já no caso de Paraponerinae, a baixa riqueza está relacionada ao fato de que existe apenas a espécie *Paraponera clavata* (Fabricius, 1775) para a subfamília.

Em relação a riqueza de espécies por área, verificamos que a faixa etária de referência positiva apresentou 58 espécies, seguida pela faixa etária inicial, a qual apresentou 57 e pela área média com 47 espécies de formigas (Tabela 2). Quando analisamos Jackknife 1ª ordem, verificamos que a estimativa de riqueza para a faixa etária de referência positiva foi de 81,75 ( $\pm 4,75$ , ou seja, com valor máximo de 86,47 e mínimo de 77), seguido por 72,2 ( $\pm 5,26$ , com valor máximo de 77,46 e mínimo de 66, 94) na área inicial e 61,25 ( $\pm 4,33$ , com valor máximo de 65,58 e mínimo 56,92) na área média.. Quando analisamos a riqueza funcional (Fric), verificamos o valor de 7 para a faixa etária inicial, 8 para a média e 10 para a faixa de referência positiva,

sendo observado um padrão crescente em relação a idade de restauração das áreas.

Em relação aos grupos funcionais encontrados em cada uma das faixas etárias, verificamos que na inicial o valor da correlação de Pearson entre a matriz de distância foi de 0,884. Assim, foram obtidos oito grupos funcionais a partir do estabelecimento da linha de corte de 0,58 (Fig. 2). Na faixa etária média, verificamos que o valor da correlação de Pearson foi de 0,886, sendo obtidos dez grupos funcionais considerando a linha de corte de 0,42 (Fig. 3). Já na faixa etária de referência positiva a correlação foi de 0,864, no qual foi obtido 14 grupos funcionais com a linha de corte de 0,38 (Fig. 4).

Quando realizamos a regressão linear, verificamos que existe uma relação positiva e direta entre a riqueza funcional e a riqueza de espécies de formigas (0,848), uma vez que foi encontrado um padrão, onde quanto maior o número de grupos funcionais, maior a riqueza de espécies (Fig. 5).

## **DISCUSSÃO**

Em relação a cada uma das faixas etárias, verificamos que a riqueza de espécies de formigas na faixa etária inicial é próxima a encontrada na de referência positiva. No entanto, a riqueza encontrada na faixa etária média foi menos expressiva quando comparada as outras duas áreas. Quando avaliamos os grupos funcionais identificados pelos dendogramas, verificamos que na área média se restabeleceram mais rapidamente do que a riqueza de espécies e a riqueza funcional, quando comparado com as outras duas áreas. Esse padrão é comum, já

que os grupos funcionais de formigas se restabelecem primeiro que a riqueza de espécies em ambientes tropicais (Casimiro 2019).

Assim como a riqueza, os grupos funcionais de formigas estão diretamente relacionados às características vegetais encontradas em cada uma das faixas etárias da cronossequência, no qual durante o processo de sucessão florestal, as formigas dependem principalmente da heterogeneidade da vegetação, e a estrutura da paisagem para determinar o aparecimento e o número de formigas (Gollan et al 2011). A área inicial, a qual apresentou a menor quantidade de grupos funcionais (8), é composta basicamente de espécies pioneiras, as quais se estabelecem primeiro na área, e por espécies de formigas generalistas, como é o caso das espécies de *Camponotus* spp, *Pheidole gertrudae* (Forel, 1886), *Pheidole oxyops* (Forel, 1908), *Pheidole radoszkowskii* (Mayr, 1884), *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) e *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855). Na faixa etária média, temos um ambiente em transição, com a presença de espécies secundárias, que compartilham o ambiente com as espécies primárias. No entanto, apesar de compartilhar espécies primárias e generalistas com a área inicial, espécies como *Brachymyrmex admotus* (Mayr, 1887), *Dolichoderus ghilianii* (Emery, 1894) e *Mycocepurus smithii* (Forel, 1893) são consideradas como secundárias, uma vez que para o estabelecimento de seu ninho é necessária uma maior complexidade ambiental com presença de árvores, arbustos e maior cobertura de serapilheira.

A faixa etária de referência positiva conta com espécies vegetais secundárias e climáticas, sendo encontrada uma maior presença de espécies especialistas, como *Paraponera clavata* e *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804) que são especialistas em se alimentarem de nectários extraflorais e *Mayaponera arhuaca*, e *Odontomachus chelifer* (Latreille, 1802) as quais são predadoras de artrópodes.

Além disso, nossos resultados evidenciaram um padrão observado em outros estudos que utilizaram a restauração ativa, no qual a área de referência apresenta um número maior de espécies e grupos funcionais em relação às áreas em restauração (Casimiro 2019).

Verificamos por fim, que a riqueza funcional está relacionada com a riqueza de espécies. A estratégia que as espécies de formigas utilizam para a obtenção de recursos, forrageamento e nidificação resultará na variação da riqueza funcional em cada área (Tilman 1997; Loreau 1998; Díaz & Cabido 2001). Ademais, a tendência é que a riqueza de espécies entre referência e matriz se torne mais semelhantes ao longo do tempo nos trópicos, devido ao crescimento da vegetação e a mudança de recursos que as espécies vão buscar (Casimiro 2019).

## **CONCLUSÃO**

Compilamos nesse estudo um conjunto de dados que usamos para analisar os grupos funcionais de Formicidae e sua riqueza em diferentes escalas temporais do processo de restauração. As áreas de idades iniciais amostradas podem ter tido influência tanto de espécies generalistas provenientes da matriz de pasto do entorno quanto algumas secundárias das que já precisam de uma certa reestruturação da vegetação com espécies que estão estabelecendo no plantio de dois anos. Isso poderia resultar em valores numéricos de riqueza de espécies e de riqueza funcional mais expressivos do que os das áreas de idade médias, que já estariam com menor influência de uso por espécies da matriz de pasto e, portanto, menos espécies chegando do campo de pasto à área em restauração.

Dessa maneira, a maior riqueza funcional e de grupos funcionais na área de referência em relação às demais, mostra a importância da preservação desses

habitats naturais. Além da importância da ocorrência de espécies especialistas, que podem vir a desaparecer junto com essas áreas caso ocorra a conversão da vegetação nativa, o que reforça a importância em preservar as áreas ricas em biodiversidade no Cerrado. Ou seja, antes de pensar em estratégias de restauração deve-se ressaltar a relevância da conservação dos remanescentes nativos do Cerrado como abrigo da biodiversidade de Formicidae.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus colegas de turma, que me acompanharam durante minha jornada, que fizeram os momentos de ansiedade e tensão mais descontraídos e alegres.

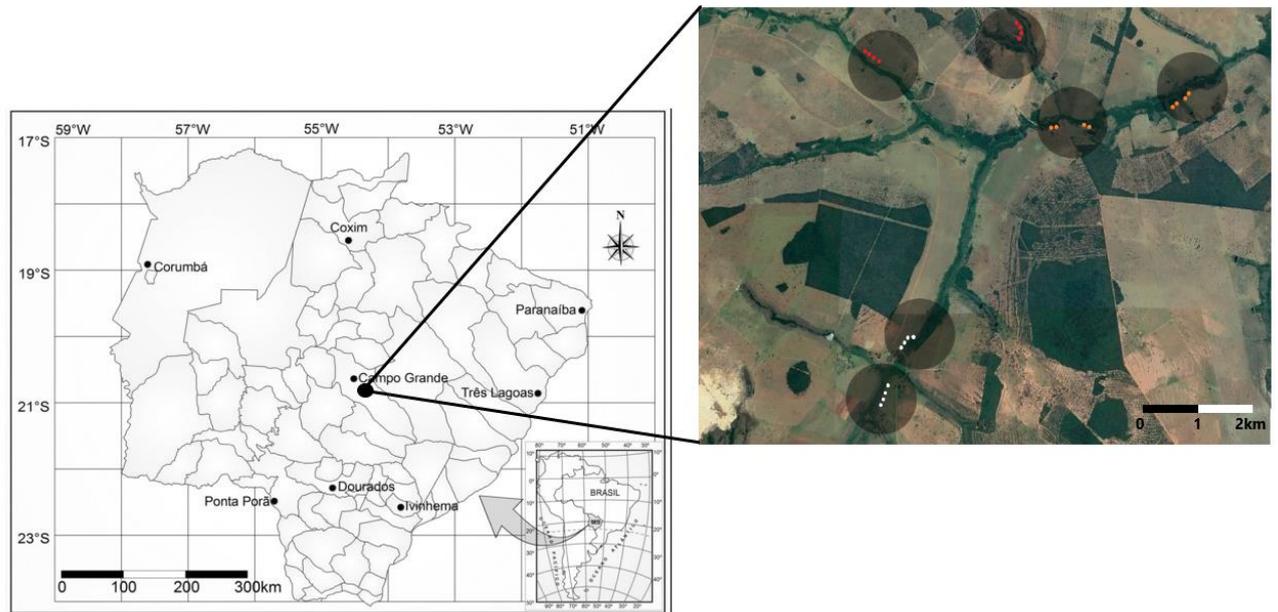
Aos professores do Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, que me forneceram o conhecimento que tenho hoje.

A minha orientadora Leticia Couto Garcia, pela oportunidade de me orientar e ter me acolhido como aluna.

A Mariáh Tibcherani pela paciência, compromisso e dedicação em me ajudar na execução do meu projeto.



## FIGURAS E TABELAS



**Figura 1.** Localização da área experimental em relação ao território brasileiro e ao estado onde foi realizado o estudo: Mato Grosso do Sul. Na imagem de satélite, pontos vermelhos representam os locais de coleta em áreas com dois anos de desenvolvimento da restauração. Pontos brancos são as áreas como cinco anos após plantio de árvores nativas e os pontos laranjas são as áreas de referência (áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios) (Adaptado de Borges et al. in prep).

**Tabela 1.** Traços funcionais estabelecidos para analisar a riqueza funcional de formigas em uma cronosequência de áreas sob restauração ativa no Cerrado (áreas com dois e cinco anos após plantio de árvores nativas e áreas de referência (áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios)).

Traços funcionais	Características	Justificativa
Alimentação	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fungívora (Cyphomyrmex minutus Mayr, 1862; Acromyrmex rugosus (Smith, F., 1858))</li> <li>2. Generalista Pheidole gertrudae (Forel, 1886); Solenopsis invicta (Buren, 1972)</li> <li>3. Granívora Pogonomyrmex_naegelli</li> <li>4. Honeydew (Paraponera Clavata)</li> <li>5. Pólen (Cephalotes atratus)</li> <li>6. (Pogonomyrmex_naegelli)</li> <li>7. Nectários Extraflorais (Paraponera_clavata; Pseudomyrmex_terminarius)</li> <li>8. Predadora especialista insetos sociais (Nomamyrmex_sp)</li> </ol>	A alimentação será influenciada pelo nível de restauração da área, sendo que nem todos os recursos estarão disponíveis igualmente.

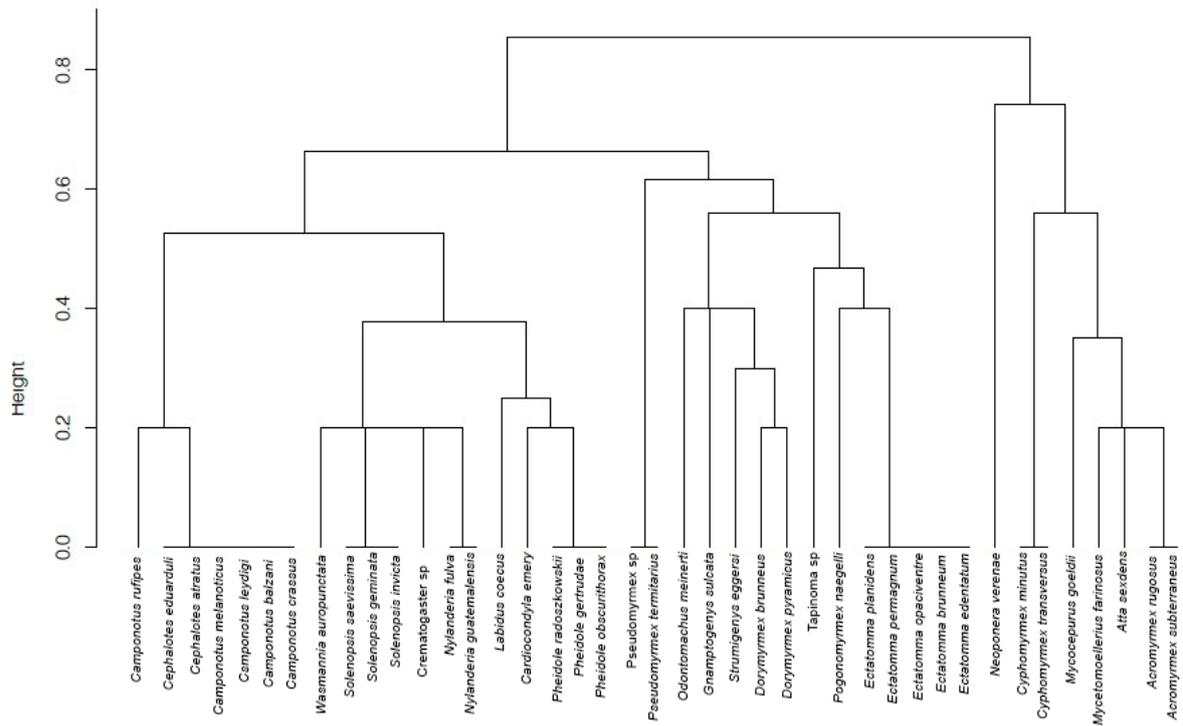
Substrato de forrageamento	9. Predadora generalista de artrópodes ( <i>Gnamptogenys sulcata</i> )	Considerando que o nível de restauração está diretamente relacionado com a formação vegetal, algumas espécies poderão ser prejudicadas pela preferência do substrato de forrageamento.
	10. ; <i>Mayaponera arhuaca</i> )	
Tipo de forrageamento	11. Predadora especialista de cupim ( <i>Pachycondyla harpax</i> )	O tipo de forrageamento pode beneficiar algumas espécies, uma vez que ao forragear em busca de alimento, pode haver um maior sucesso no caso de formigas que exploram locais mais afastados da colônia e de forma massiva.
	1. Serapilheira <i>Dorymyrmex brunneus</i> 2. Solo <i>Ectatomma brunneum</i> ; <i>Acromyrmex subterraneus</i> 3. Vegetação <i>Pseudomyrmex termitarius</i> ; <i>Ectatomma tuberculatum</i>	
Localização do ninho	1. Focal ( <i>Atta sexdens</i> ; <i>Acromyrmex rugosus</i> )	Devido ao nível de restauração, a área pode apresentar solo exposto, gramíneas, árvores e arbustos, os quais influenciam diretamente na nidificação das formigas, uma vez que existe especificidade de local para a nidificação.
	2. Nômade <i>Nomamyrmex sp</i> 3. Patrulheiro <i>Odontomachus chelifer</i> ; <i>Nylanderia fulva</i>	
Forma de recrutamento	1. Nômade ( <i>Eciton burchellii</i> ; <i>Nomamyrmex sp</i> )	A forma de recrutamento pode auxiliar na busca por recursos, uma vez que espécies que recrutam teriam maior sucesso na obtenção de recursos.
	2. Serapilheira 3. Solo ( <i>Cephalotes pusillus</i> ; <i>Camponotus rufipes</i> ) 4. Vegetação ( <i>Ectatomma tuberculatum</i> ; <i>Paraponera clavata</i> )	
Forma de recrutamento	1. Massivo ( <i>Acromyrmex rugosus</i> ; <i>Mycetomoellerius farinosus</i> )	A forma de recrutamento pode auxiliar na busca por recursos, uma vez que espécies que recrutam teriam maior sucesso na obtenção de recursos.
	2. Recrutamento ( <i>Brachymyrmex admotus</i> ; <i>Camponotus balzani</i> ) 3. Solitário ( <i>Dorymyrmex brunneus</i> ; <i>Odontomachus bauri</i> ) 4. Tandem running ( <i>Dolichoderus ghiliani</i> ; <i>Neoponera verenae</i> )	

**Tabela 2.** Riqueza de espécies de formigas entre as áreas com dois e cinco anos após plantio de árvores nativas e áreas de referência (áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios) localizadas no Área de Proteção Ambiental (APA) Guariroba em Campo Grande – MS

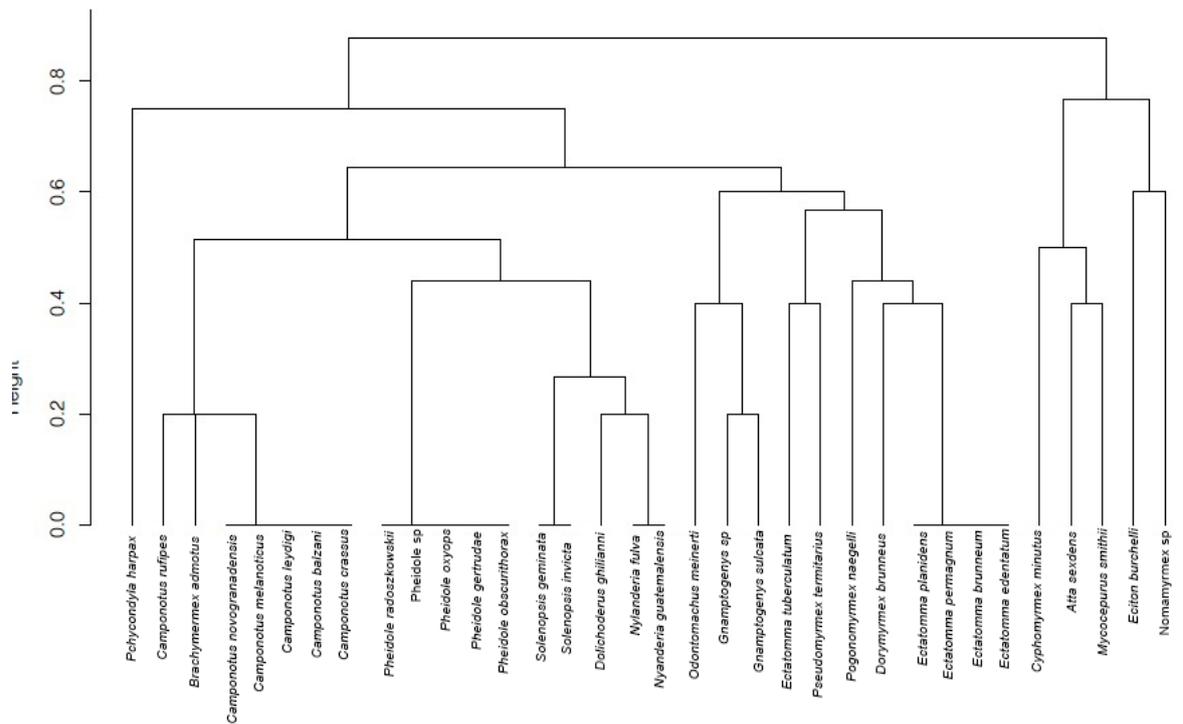
Subfamília	Espécies	Inicial	Médio	Referência
Dolichoderinae	<i>Dolichoderus ghiliani</i> (Emery, 1894)		x	
	<i>Dorymyrmex brunneus</i> (Forel, 1908)	x	x	x
	<i>Dorymyrmex pyramicu</i> (Roger, 1963)	x		
	<i>Dorymyrmex sp.1</i>	x		
	<i>Forelius sp1</i>			x
	<i>Tapinoma sp1</i>	x		x
	<i>Tapinoma sp2</i>			x

Subfamilia	Espécies	Inicial	Médio	Referência
	Tapinoma sp3			x
Dorylinae	<i>Eciton burchellii</i> (Westwood, 1842)		x	x
	<i>Labidus coecus</i> (Latreille, 1802)	x		x
	<i>Labidus praedator</i> (Smith, F., 1858)	x	x	x
	Nomamyrmex sp1		x	
	Nomamyrmex sp2			x
Ectatomminae	<i>Ectatomma brunneum</i> (Smith, 1858)	x	x	x
	<i>Ectatomma edentatum</i> (Roger, 1863)	x	x	x
	<i>Ectatomma opaciventre</i> (Roger, 1861)	x	x	x
	<i>Ectatomma permagnum</i> (Forel, 1908)	x	x	x
	<i>Ectatomma planidens</i> (Borgmeier, 1939)	x	x	x
	<i>Ectatomma tuberculatum</i> (Olivier, 1792)	x	x	x
	<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Smith, F., 1858)	x	x	
	Gnamptogenys sp1	x	x	
Formicinae	<i>Brachymyrmex admotus</i> (Mayr, 1887)		x	
	<i>Camponotus balzani</i> Emery, 1894	x	x	x
	<i>Camponotus crassus</i> (Mayr, 1862)	x	x	x
	<i>Camponotus leydigi</i> Forel, 1886	x	x	x
	<i>Camponotus melanoticus</i> Emery, 1894	x	x	x
	<i>Camponotus novogranadensis</i> Mayr, 1870		x	x
	<i>Camponotus blandus</i> (Smith, F., 1858)			x
	<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius, 1775)	x	x	x
	Camponotus sp1			x
	Camponotus sp2	x	x	x
	Camponotus sp3		x	
	Camponotus sp4	x	x	
	Camponotus sp5	x	x	x
	Camponotus sp6	x	x	x
	Camponotus sp7		x	
	<i>Nylanderia fulva</i> (Mayr, 1862)	x	x	
	<i>Nylanderia guatemalensis</i> (Forel, 1885)	x	x	
Myrmicinae	<i>Acromyrmex rugosus</i> (Smith, F., 1858)	x		
	<i>Acromyrmex subterraneus</i> (Forel, 1893)	x		x
	<i>Atta sexdens</i> (Linnaeus, 1758)	x	x	x
	<i>Cardiocondyla emeryi</i> Forel, 1881	x		
	<i>Cephalotes atratus</i> (Linnaeus, 1758)	x		
	<i>Cephalotes eduarduli</i> (Forel, 1921)	x		
	<i>Cephalotes incertus</i> (Emery, 1906)	x		
	<i>Cephalotes persimilis</i> (De Andrade, 1999)			x
	<i>Cephalotes pusillus</i> (Klug, 1824)			x
	Crematogaster sp1			x
	Crematogaster sp2	x	x	
	<i>Cyphomyrmex minutus</i> Mayr, 1862	x	x	

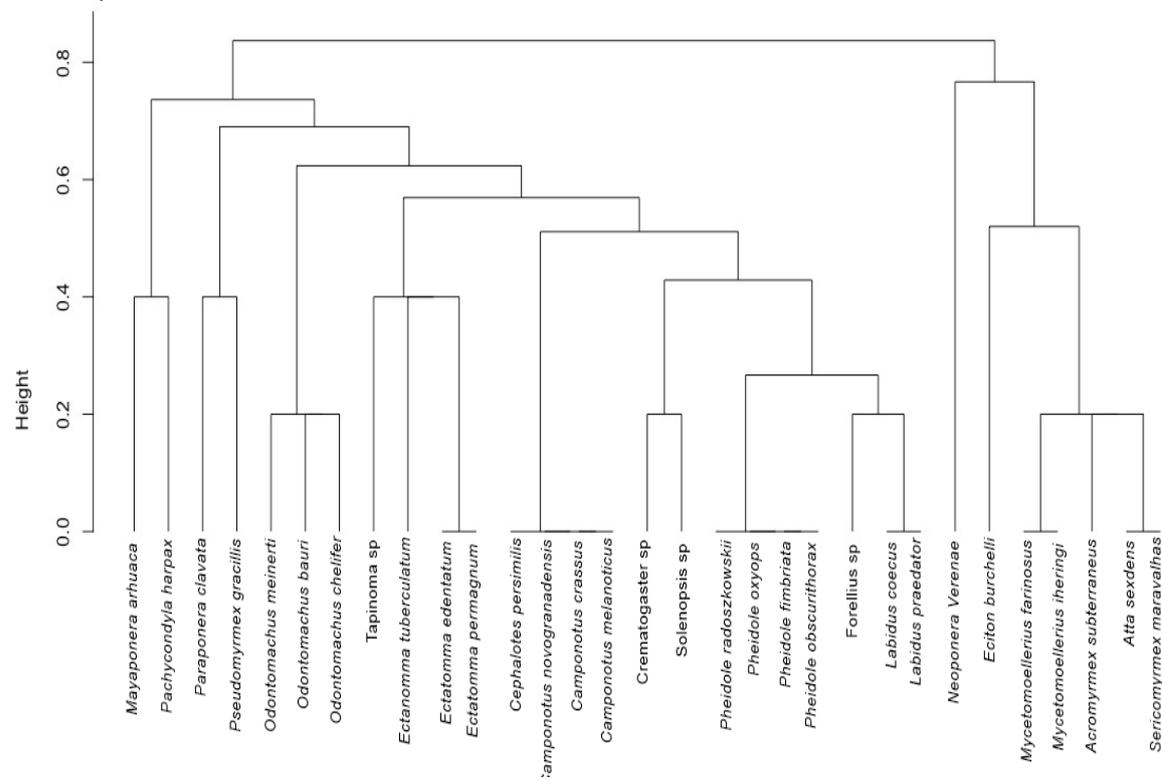
Subfamília	Espécies	Inicial	Médio	Referência
	<i>Cyphomyrmex transversus</i> Emery, 1894	x		x
	<i>Cyphomyrmex</i> sp1			
	<i>Hylomyrma</i> sp.1	x		
	<i>Mycetomoellerius farinosus</i> (Emery, 1894)	x		x
	<i>Mycetomoellerius iheringi</i> (Emery, 1888)		x	x
	<i>Mycetomoellerius</i> sp.1			x
	<i>Mycocepurus goeldii</i> (Forel, 1893)	x	x	x
	<i>Mycocepurus smithii</i> (Forel, 1893)		x	
	<i>Pheidole fallax</i> (Mayr, 1870)			x
	<i>Pheidole fimbriata</i> (Roger, 1863)			x
	<i>Pheidole gertrudae</i> (Forel, 1886)	x	x	
	<i>Pheidole obscurithorax</i> Naves, 1985	x	x	x
	<i>Pheidole oxyops</i> (Forel, 1908)	x	x	x
	<i>Pheidole radoszkowskii</i> (Mayr, 1884)	x	x	x
	<i>Pheidole</i> sp1	x	x	x
	<i>Pheidole</i> sp2			x
	<i>Pogonomyrmex naegelii</i> Forel, 1878	x	x	x
	<i>Sericomyrmex maravalhas</i> Ješovnik & Schultz, 2017			x
	<i>Solenopsis geminata</i> (Fabricius, 1804)	x	x	x
	<i>Solenopsis invicta</i> (Buren, 1972)	x	x	
	<i>Solenopsis saevissima</i> (Smith, 1855)	x	x	
	<i>Solenopsis</i> sp1			x
	<i>Solenopsis</i> sp2			x
	<i>Solenopsis</i> sp3	x		
	<i>Strumigenys eggersi</i> Emery, 1890	x		
	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger, 1863)	x		
Paraponerinae	<i>Paraponera clavata</i> (Fabricius, 1775)			x
Ponerinae	<i>Neoponera verenae</i> (Forel, 1922)	x		x
	<i>Mayaponera ahuaca</i>			x
	<i>Pachycondyla harpax</i> (Fabricius, 1804)	x	x	x
	<i>Odontomachus bauri</i> (Emery, 1892)			x
	<i>Odontomachus chelifer</i> (Latreille, 1802)			x
	<i>Odontomachus meinerti</i> (Forel, 1905)	x	x	x
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex gracilis</i> (Fabricius, 1804)		x	x
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	x		
	<i>Pseudomyrmex</i> sp.2	x		
	<i>Pseudomyrmex termitarius</i> (Smith, 1855)	x	x	x



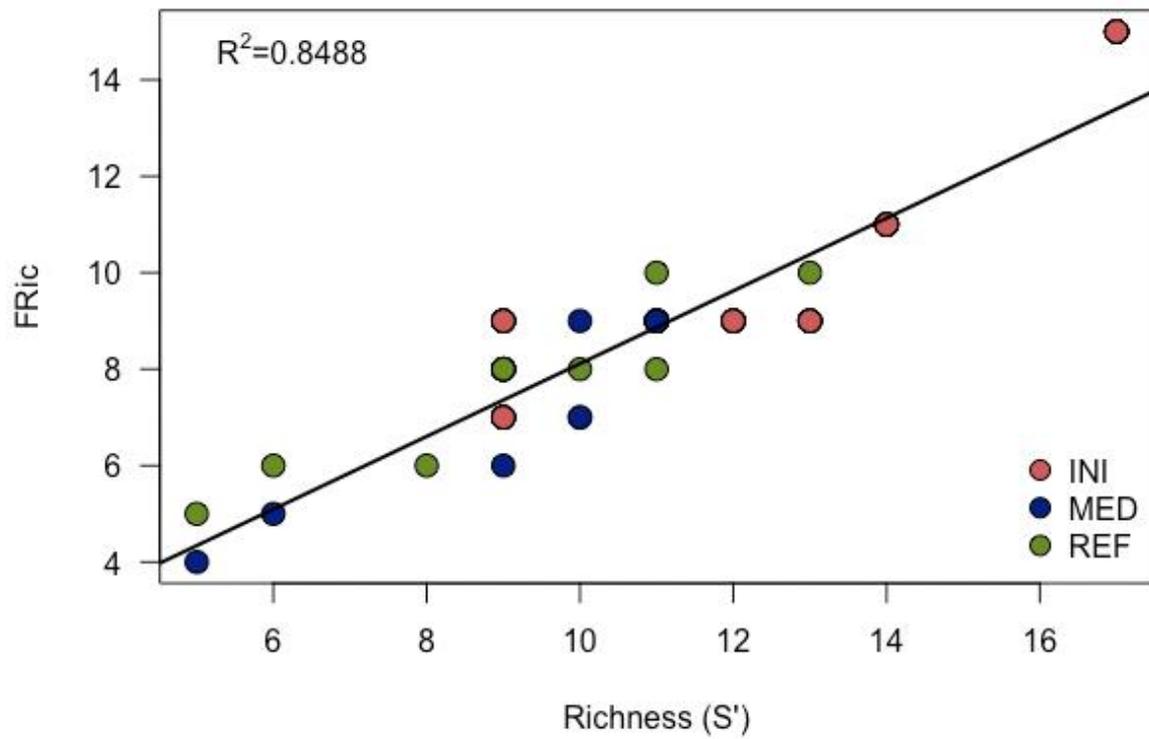
**Figura 2.** Dendrograma da área inicial (com dois após plantio de árvores nativas) obtido a partir da análise dos grupos funcionais de formigas localizadas no Área de Proteção Ambiental (APA) Guariroba em Campo Grande – MS.



**Figura 3.** Dendrograma da área média (cinco anos após plantio de árvores nativas) obtido a partir da análise dos grupos funcionais de formigas localizadas no Área de Proteção Ambiental (APA) Guariroba em Campo Grande – MS.



**Figura 4.** Dendrograma da área de referência positiva (áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios) obtido a partir da análise dos grupos funcionais de formigas localizadas no Área de Proteção Ambiental (APA) Guariroba em Campo Grande – MS.



**Figura. 5.** Regressão linear entre a riqueza funcional e a riqueza de formigas em uma cronosequência de áreas com dois e cinco anos após plantio de árvores nativas e áreas de referência (áreas com pelo menos 20,5 anos sem distúrbios) no Cerrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aronson, J. & Alexander, S. 2013. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology* 21(3), 293-296.
- Baccaro, F.B., Feitosa, R.M., Fernandez, F., Fernandes, I.O., Izzo, T.J., Souza, J.L.P., Solar, R., 2015. Guia para os gêneros de formigas do Brasil. INPA, Manaus.
- Barnes, A. D., Emberson, R. M., Chapman, H. M., Krell, F. T., Didham, R. K., 2014. Matrix habitat restoration alters dung beetle species responses across tropical forest edges. *Biological Conservation* 170, 28-37.
- Borges, F.L.G., Oliveira M.D.R., de Almeida T.C., Majer J.D., Garcia L.C. 2021. Terrestrial invertebrates as bioindicators in restoration ecology: A global bibliometric survey. *Ecological Indicators*. 125: 1470–160.
- Cardoso Da Silva, J.M., Bates, J.M., 2002. Biogeographic patterns and conservation in the south American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *BioScience* 52, 225-233.
- Casimiro, M.S., Sansevero, J.B., Queiroz, J.M., 2019. What can ants tell us about ecological restoration? A global meta-analysis. *Ecological Indicators* 102, 593–598
- Díaz, S., Cabido, M., 2001. Vive la difference: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16, 646-655.
- Engel, V. L., Parrota, J. A. 2003. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: Kageyama, P. Y. et al. (Org.). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 3-26.

- Fonseca, C. R., Joner, F., 2007. Two-sided edge effect studies and the restoration of endangered ecosystems. *Restoration Ecology* 15: 613–619.
- Gollan, John R., de Bruyn, Lisa Lobry., Reid, N., Smith, D., Wikie, L. 2011. Can ants be used as ecological indicators of restoration progress in dynamic environments? A case study in a revegetated riparian zone. *Ecological Indicators* 11(6), 1517-1525.
- Gomez-Aparicio, L., Zamora, R., Gómez, J.M., Hódar, J. A., Catro, J., Baraza, E. 2004. Applying plant facilitation to forest restoration: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecological Applications*(4), 1128-1138.
- Guerra, A., Reis, L. K., Borges, F. L. G., Ojeda, P. T. A., Pineda, D. A. M., Miranda, C. O., Maidana, D. P. F. L., Santos, T. M. R., Shibuya, P. S., Marques, M. C. M., Laurance, S. G., Garcia, L. C., 2020. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. *For. Ecological. Management* 458, 117-802.
- Holl, K.D., Aide, T.M., 2011. When and where to actively restore ecosystems? *For. Ecol. Manage* 261, 1558-1563.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O., 1990. *The Ants*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts (733p).
- Jørgensen, D. 2015. Ecological restoration as objective, target, and tool in international biodiversity policy. *Ecology and Society* (20), 43.
- Kremen, C., Colwell, R.K., Erwin, T.L., Murphy, D.D., Noss, R.F., Sanjayan, M.A., 1993. Arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conserve. Biol.* 7, 796-808.

- Lacasella, F., Gratton, C., De Felici, S., Isaia, M., Zapparoli, M., Marta, S., Sbordoni, V., 2015. Asymmetrical responses of forest and “beyond edge” arthropod communities across a forest–grassland ecotone. *Biodiversity and Conservation* 24, 447–465.
- Loreau M. 1998. Biodiversity and ecosystem function-ing: a mechanistic model. *Proceedings of the NationalAcademy of Sciences of the United States of America* 95,5632-5636.
- Machado, R.B., Neto, M.G.P., Pereira, P.G.P., Caldas, E.F., Gonçalves, D.A., Santos, N.S., Steininger, M., 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF, pp. 1–23
- Majer, J.D., 1983. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environ. Manage* 7, 375–383.
- Majer, J.D., Orabi, G., Bisevac, L., 2007. Ants (Hymenoptera: Formicidae) pass the bioindicator scorecard. *Myrmecological News* 10, 69–76.
- Maravalhas J., J. H. C. Delabie, R. G. Macedo, and H. C. Morais. 2012. Tree-dwelling ants: contrasting two Brazilian Cerrado plant species without extrafloral nectaries. *Psyche*, 2012.
- Menz, M.H.M., Dixon, K.W. & Hobbs, R.J. 2013.Hurdles and opportunities for landscape-scale restoration. *Science* 339, 526-527.
- Milhomem, M. S., De Mello, F. Z. V., Diniz, I. R. 2003. Técnicas de coleta de besouros copronecrofagos no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38, 1249-1256.

- Oksanen, J.F., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O'Hara, B.R., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M. H.H., Szoecs, E., Wagner, H., (2020). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7.
- Oliveira, A. K. M., Fernandes, V., Piraja, R. V., Silva, M. H. S. 2017. Avaliação multitemporal das paisagens da área de proteção ambiental (APA) dos mananciais do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, por meio de imagens de satélites. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*. 42, 08-20.
- Petchey, O. L., Gaston, K. J. 2002. Functional Diversity (FD), species richness, and community composition. *Ecology Letters*. 5, 402-411.
- Petchey, O. L., Hector, A., Gaston, K.J., 2004. How do different measures of functional diversity perform?. *Ecology* 85(3), 847-857.
- Petchey, O. L., Gaston, K. J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters* 9, 741-758.
- Projeto MapBiomas – Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 26 de maio através do link:  
<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>
- Philpott, S.M., Perfecto, I., Armbrecht, I., Parr, C.L., 2010. Ant diversity and function in undisturbed and changing habitats. *Ant Ecology*. 137–156.
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

- Ratter, J. A. Ribeiro, J. F. Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* 80, 223-230.
- Ribeiro, J. F.; Walter, Bruno Machado Teles. *Fitofisionomias do bioma Cerrado*. Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico, 1998.
- Schleuter, D., Schleuter, D., Massol, F., Argillier, C. 2010. A user's guide to functional diversity indices. *Ecological Monographs* 80, 469-484.
- Silva, R.R., Brandão, C.R.F., 1999. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) como indicadores da qualidade ambiental e da biodiversidade de outros invertebrados terrestres. *Biotemas* 12, 55-73.
- Silvestre, R., Silva, R.R.da., 2001. Guildas de formigas da Estação Ecológica Jataí, Luiz Antonio SP Sugestões para aplicação do modelo de guildas como bioindicadores ambientais. *Biotemas* 14, 37-69.
- Tilman D. 1997., Distinguishing between the effects of species diversity and species composition. *Oikos* 80, 185.
- Underwood, E.C., Fisher, B.L., 2006. The role of ants in conservation monitoring: if, when, and how. *Biol. Conserv* 132, 166-182.