



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA - DEBIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

POENA PEREIRA DA SILVA

EFEITOS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL, AGROFLORESTAL E NATURAL
SOBRE A DIVERSIDADE DE FORMIGAS NA ILHA DE SÃO LUÍS

SÃO LUÍS – MA

2018

POENA PEREIRA DA SILVA

**EFEITOS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL, AGROFLORESTAL E NATURAL
SOBRE A DIVERSIDADE DE FORMIGAS NA ILHA DE SÃO LUÍS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Alana das Chagas Ferreira Aguiar

Co-orientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau

SÃO LUÍS – MA

2018

SILVA, POENA.

EFEITOS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL, AGROFLORESTAL E NATURAL SOBRE A DIVERSIDADE DE FORMIGAS NA ILHA DE SÃO LUÍS / POENA SILVA. - 2018.

32 f.

Coorientador(a): Guillaume Xavier Rousseau.

Orientador(a): Alana das Chagas Ferreira Aguiar.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

1. Formicidae. 2. Restauração Ecológica. 3. Riqueza funcional. I. Ferreira Aguiar, Alana das Chagas. II. Xavier Rousseau, Guillaume. III. Título.

“Save the rebellion, save the dream”

Rogue One – A Star Wars Story

Dedico este trabalho ao meu avô materno Manoel Bento Pereira (in memoriam) e aos meus avós paternos Joaquina Barbosa da Silva (in memoriam) e João Ferreira da Silva (in memoriam), com todo o meu amor, carinho e gratidão!

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a força maior que temos em nossas vidas, alguns chamam de Deus e garanto que Ele espera sempre o melhor de nós, sendo assim agradeço por todas as oportunidades que tive para dar o melhor de mim nessa monografia.

Agradeço aos meus pais Madalena Silva e João Barbosa por todo o amor, apoio e incentivo para que eu chegasse a essa etapa final da graduação, amo-os incondicionalmente!

Aos meus orientadores Profa. Dra. Alana das Chagas e Prof. Dr. Guillaume Rousseau por toda paciência e conhecimento que foi compartilhado durante esse trabalho.

Agradeço também aos órgãos de fomento FAPEMA e CNPq, ao Departamento de Biologia, a UEMA e UFMA por tornarem toda a execução e finalização do trabalho possível.

Também sou muito agradecida à minha avó Dona Helena, que durante todo o período da graduação sempre teve muito carinho em me receber na sua casa, onde estive ao lado dela, minha tia Rosa e meu primo que carinhosamente sempre será meu Joãozinho.

Ao meu namorado Brunno Franco que é meu companheiro, melhor amigo, cúmplice, conselheiro, tantos adjetivos que não caberão aqui nesse agradecimento. Obrigada por sempre estar ao meu lado durante toda essa jornada e cuidar de mim.

Amanda Moraes e Letícia Brito não sei como retribuir todo o amor e carinho que vocês puderam me proporcionar durante nossos anos de amizade, sempre comigo mesmo que nossos horários não batassem e a todo momento dei o meu máximo para cuidar de vocês.

Danielle Cordeiro, Júlio Nogueira e Jadson Ramos vocês chegaram já quase no finalzinho dessa aventura, porém chegaram quando eu estava sem saber o que fazer, quando eu meio perdida precisava me situar, quando procurava entender minhas escolhas e como bons e maravilhosos amigos lá estavam vocês com os braços abertos para me acolher, espero ter contribuído na jornada de vocês da mesma maneira.

A todos os meus amigos companheiros de curso que participaram comigo em disciplinas, trabalhos, artigos, nas risadas, nos desesperos com os prazos, na carga diária

do curso João Manoel, Jesiel Pablo, Augusto Jr., Hugo Alves, Arthur André, Karina Oliveira, Ítalo Santos, Carlos Neves, Igor Vinícius. Assim como os amigos de outros cursos que apesar dos horários diferentes e um pouquinho de distância estavam lá presentes sempre que tinham um tempinho Felipe Carvalho, Lisandra Maria, Wellington Fonseca, Diêgo Sousa e Thiago Sousa.

Aos amigos do LEOG (Laboratório de Oceanografia Geológica) que por muitas vezes me aguentaram falando das formigas e do drama da vida universitária.

Agradecimento especial aos amigos do Laboratório de Artrópodes e Microbiologia do Solo Stefania Pizon, Luiz Hernandez, Jesus Burgos, Jhonatas Munhõz, que além da amizade participaram de maneira ativa na construção desse trabalho e sem o conhecimento, tempo e paciência que eles disponibilizaram para mim não seria possível a realização desse trabalho.

Aos amigos do LabSolos que diariamente dividimos não só o laboratório, assim como o convívio e lutas para realização da ciência, além de nossos dramas pessoais. Cid Conde, Alana Bernades, Raimunda Alves e Prof^o Glécio Siqueira sou grata pela oportunidade de trabalho que temos e compreensão que vocês sempre tiveram comigo.

E jamais poderia esquecer dos profissionais que me apresentaram a ciência, Prof^o Angelo Mendonça que me apresentou o mundo das formigas, me disponibilizou a primeira chave de identificação e o primeiro projeto, me mostrou que fazer ciências era possível e que a profissão de biólogo iria além da sala de aula e Prof^a Rosalva que me mostrou que a ciência tinha espaço, me levou ao primeiro congresso, minha primeira apresentação pública de um trabalho científico, viagem esta que nunca irei esquecer.

OBRIGADA!

RESUMO (300-500 palavras)

A restauração ecológica consiste em dar o suporte necessário para que um ecossistema consiga seguir sua sucessão e posteriormente ser autossuficiente em seus fluxos, dinâmicas e processos naturais. Como forma de monitoramento eficiente da restauração é comum a observação de grupos que acompanham e refletem com facilidade as mudanças que ocorrem no meio. A família Formicidae (Ordem: Hymenoptera) que compreende as formigas, é usada como um reflexo da recuperação da funcionalidade no processo de sucessão, graças a que acompanha essa melhora nas condições do habitat e fornecem serviços ecológicos vitais para essa restauração acontecer, serviços tais como melhora da porosidade do solo e aumento da infiltração d'água nos horizontes internos do solo, ciclagem de nutrientes, serviços de polinização, dispersão de sementes, controle de populações, entre outros. Através da implantação de três métodos de restauração ecológica em áreas com um marcado processo antrópico, sendo estes: i) restauração florestal em ilhas de vegetação; ii) restauração agroflorestal; iii) restauração natural, avaliou-se a diversidade taxonômica de formigas do solo e serapilheira em estes ambientes. O experimento foi montado na Fazenda Escola, dentro da Universidade Estadual do Maranhão em blocos com os 3 tratamentos presentes em cada um, com parcelas de 30x30m. As coletas foram realizadas em duas estações (período seco e chuvoso), através de armadilhas de solo chamadas 'Pif-fall', as formigas coletas foram armazenadas em álcool 92°, depois foram quantificadas e identificadas até gênero. Ao todo foram coletadas 11.480 formigas, classificadas em 8 subfamílias e 24 gêneros. Os gêneros mais abundantes foram *Pheidole*, *Solenopsis* e *Camponotus*. A ANOVA mostrou-se significativa apenas entre coletas do período seco e chuvoso, não tendo significância entre os métodos de restauração ecológica. A PCA obteve o $p=0,270$ e também não se observou significância entre a riqueza dos gêneros nos tratamentos realizados no experimento. Dez guildas foram identificadas e classificadas, desde gêneros generalistas até predadores especialistas, assim como gênero de características arbóreas como *Cephalotes*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex*.

Palavras-Chave: Formicidae, riqueza funcional, restauração ecológica.

ABSTRACT

Ecological restoration consists of giving the necessary support so that an ecosystem can follow its succession and later be self-sufficient in its biological fluxes, dynamics and natural processes. As an effective form of monitoring the restoration process, observation of groups that accompany and easily reflect changes in the environment is common. The family Formicidae (Order: Hymenoptera), which comprise the ants, is used as a reflection of the recovery of functionality in the process of succession, accompanying the improvements in habitat conditions and providing vital ecological services for this restoration to happen, services such as improvement of soil porosity and increase of water infiltration in the internal horizons of the soil, nutrient cycling, pollination services, seed dispersal, population control, among others. Through the implantation of three methods of ecological restoration in areas with a marked anthropic process, these being: i) forest restoration in islands of vegetation; ii) agroforestry restoration; iii) natural restoration, the taxonomic diversity of soil and litter ants was evaluated. The experiment was set up at the Fazenda Escola, within the State University of Maranhão in blocks with the 3 treatments present in each one, with plots of 30x30m. The collections were carried out in two seasons (dry and rainy season), through soil traps called 'Pif-fall'. The collected ants were stored in 92 ° alcohol, then quantified and identified to the taxonomic level of genera. In all, 11,480 ants were collected, classified into 8 subfamilies and 24 genera. The most abundant genera were *Pheidole*, *Solenopsis* and *Camponotus*. The ANOVA was only significant between dry and rainy season collections, with no significance among ecological restoration methods. The PCA obtained $p = 0.270$ and no significance was also observed between the richness of the genera in the treatments performed in the experiment. Ten guilds were identified and classified, with genera ranging from general to specialist predators, as well as some genera of arboreal characteristics such as *Cephalotes*, *Crematogaster* and *Pseudomyrmex*

Keywords: Formicidae, functional richness, ecological restoration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do ponto de realização do experimento. Fazenda Escola, UEMA.

Figura 2. Desenho Experimental.

Figura 3. A) Restauração Passiva com intervenção. B) Restauração Florestal com mudas nativas. C) Restauração Produtiva com sistema agroflorestal (SAF).

Figura 4. A) Preparação das armadilhas 'Pit-fall'. B) Armadilhas 'Pit-fall' instaladas.

Figura 5. Gráfico de Abundância Total de formigas nas coletas do período seco e chuvoso no tratamento de Restauração Natural.

Figura 6. Gráfico de Abundância Total e Relativa de formigas nas coletas do período seco e chuvoso no tratamento de Restauração Florestal (Ilhas).

Figura 7. Gráfico de Abundância Total e Relativa de formigas nas coletas do período seco e chuvoso no tratamento de Restauração Agroflorestal (SAF).

Figura 8. Gráficos referentes aos índices de diversidade A) Shannon (H'). B) Simpson ($1/D$). C) Riqueza (S). D) Pielou (J').

Figura 9. Gráfico de acumulação de gêneros dentro de cada tratamento.

Figura 10. Dendograma de Similaridade Jaccard entre todas parcelas e tratamentos.

Figura 11. Gráfico de análises multivariadas entre os tratamentos e os gêneros identificados e amostrados.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quadro demonstrativo de todos os índices de cada tratamento e parcela.

Tabela 2. Classificação das guildas das formigas amostradas

Tabela 3. Classificação dos gêneros amostrados dentro das guildas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	13
1.2 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	13
1.3 FORMIGAS COMO BIOINDICADOR.....	14
1.4 GUILDAS DOS FORMICÍDIOS.....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	17
3.2 COLETA.....	19
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 ABUNDÂNCIA TOTAL E ABUNDÂNCIA RELATIVA.....	20
4.2 ACUMULAÇÃO DE GÊNEROS.....	22
4.3 ÍNDICES.....	23
4.4 SIMILARIDADE.....	25
4.5 ANÁLISE MULTIVARIADA.....	26
4.6 GUILDAS.....	27
5. CONCLUSÕES.....	29
REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

1.1 RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Restauração ecológica é o processo de assistir a recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído (SER, 2004). A partir dessa definição o grande objetivo da restauração ecológica é dar o suporte necessário para que uma área consiga seguir sua sucessão e posteriormente ser autossuficiente em seus fluxos ecossistêmicos.

Após a perturbação a natureza inicia um processo de regeneração, mas em muitos casos a intervenção do homem é necessária para estabilizar e reverter os processos de degradação, por meio da restauração ecológica (ENGEL & PARROTTA, 2008). Durante todo o processo de levantamento dos danos e degeneração da área, organização do plano de restauração e monitoramento deve-se conhecer o bioma local, as espécies nativas e o funcionamento do ecossistema no qual está se trabalhando, para evitar que as intervenções possam contribuir de forma negativa para a sucessão natural da área em tratamento.

Uma das melhores formas de propiciar a restauração ambiental se encontra no incremento das interações interespecíficas, envolvendo interações planta/plantas, plantas/microorganismos, plantas/animais, níveis de predação e associações e os processos reprodutivos das plantas de polinização e dispersão de sementes (REIS & KAGEYAMA, 2003).

O planejamento de conservação moderno depende cada vez mais do uso de técnicas de restauração ecológica para melhorar as condições das comunidades naturais (LONGCORE, 2003).

1.2 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Celentano & Rousseau, 2016 mostram que a Ecologia da Restauração obteve progresso significativo e já contamos com uma vasta disponibilidade de técnicas, que permitem que a ciência (ecologia da restauração) seja colocada em prática (restauração ecológica) e ampliada em diversos ecossistemas. Uma ciência e prática aplicadas ao bem comum para tentar remediar problemas causados principalmente por vias antrópicas.

Dentre as técnicas utilizadas podemos ressaltar três, que de uma forma geral, mostra a complexidade e o cuidado que devemos ter na aplicação da ecologia da restauração na restauração ecológica.

Restauração Natural (Passiva) é uma metodologia que consiste em retirar ou amenizar o problema que causa a degradação de uma área e acompanhar a sucessão ecológica com o mínimo de intervenção direta, utilizada quando a degradação não é excessiva e pode ser revertida (VIEIRA *et al.*, 2009). Uma técnica relativamente barata, porém exige um monitoramento contínuo para que a área em tratamento esteja isolada de novas formas de degradação e que se não for possível a sucessão natural então uma intervenção possa ser aplicada, como um redirecionamento da técnica utilizada.

Restauração Florestal (Ativa) é uma intervenção direta na área degradada com plantio de mudas ou sementes de plantas nativas, de preferência as que possuem estratégia *r* (rápida) se o problema for relacionado ao desmatamento para que ocorra uma recuperação de habitat, cobertura do solo associada a plantas de estratégia *k* para que ocorra uma variação de nicho durante a sucessão e posteriormente a estabilização da flora nativa, assim como tornar a área atrativa para que a fauna local também participe de todo o processo. Árvores colocadas de maneira esparsa contribui para atração de aves que são grandes dispersores de sementes e também de abrigo para outros animais ou pode ser utilizado um modelo em ‘ilhas’ que consiste na aglomeração proporcionando uma cobertura imediata do solo evitando plantas gramíneas agressivas. A escolha de espécies nativas é mais coerente para sobrevivência do plantio e o mínimo de desperdício e o máximo custo-benefício do projeto (VIEIRA *et al.*, 2009; RODRIGUES, 2013).

Restauração Agroflorestal SAF (Ativa) é uma técnica que proporciona uma sucessão mais próxima à sociedade porque utiliza espécies que produzem frutos, sendo um atrativo direto para fauna de dispersores e também pode contribuir para agricultura familiar, pois o ideal é que os frutos selecionados além de nativos possuam um cunho econômico.

1.3 FORMIGAS COMO BIOINDICADORES

Rocha *et al.*, 2015 afirmam que o equilíbrio ambiental pode ser medido pela observação das características populacionais de grupos de organismos específicos, através da sua presença ou ausência.

Os tempos de geração curtos da maioria dos artrópodes os tornam ideais para acompanhar a mudança de ano para ano em um sítio, enquanto seu pequeno tamanho os torna monitores eficientes de variações sutis e importantes que podem influenciar a qualidade de um habitat (LONGCORE, 2003).

De acordo com Rousseau *et al.*, 2014 é preciso conhecer a biodiversidade do solo tanto dos ecossistemas originais como as mudanças das comunidades que acompanham a conversão do uso do solo e a restauração natural dos solos degradados pelo uso intensivo.

A presença da família Formicidae é notada com grande frequência em vários ambientes, apesar de as formigas pertencerem a uma única família da ordem Hymenoptera, representam entre 30 a 50% da biomassa animal terrestre de toda floresta amazônica (BACCARO *et al.*, 2015).

Dessa forma podemos considerar as formigas como um excelente bioindicador para observar degradação de áreas (ROCHA *et al.*, 2015), diferentes sistemas de uso do solo (BRAGA *et al.*, 2010), acompanhar processos de restauração ecológica (SILVA *et al.*, 2006) e manejo florestal (MIRANDA *et al.*, 2013). Os formicídios são utilizados como bioindicadores em trabalhos de vários países em diferentes biomas (GRIMBACHER & HUGBES, 2002; LONGCORE, 2003; COSTA *et al.*, 2010; BOLICO *et al.*, 2012) pela facilidade com que se estabelecem nos ambientes.

A riqueza e a diversidade de espécies de formigas tendem a aumentar de acordo com a complexidade dos ambientes, devido a uma maior disponibilidade de nichos presentes (ROCHA *et al.*, 2015), então utilizar sua riqueza e frequência para demonstrar avanço em restauração ecológica torna-se válido.

1.4 GUILDAS FUNCIONAIS DOS FORMICÍDIOS

Grupo de espécies que possuem nichos comparáveis dentro das comunidades são chamada de guildas (ODUM, 2013). Por tanto vários grupos de distintos animais podem participar das mesmas guildas, por exemplo um grupo de animais que possui uma alimentação herbívora pode ser considerado uma guilda, desde que essa forma de alimentação tenha um impacto específico dentro de nicho ecológico.

Pela família Formicidae possuir mais de 12.000 espécies já registradas podemos encontrar diferentes guildas dentro desse grupo, desde guildas de formigas que possuem

um nicho geral e são onívoras até formigas que possuem uma alimentação restrita e habitat único (BACCARO *et al.*, 2015, BRANDÃO *et al.*, 2012).

Em alguns casos a restrição de habitat e nicho é tão clara que podemos observar diretamente na morfologia do animal, formigas do gênero *Thaumatomyrmex* possuem uma mandíbula específica para alimentação de uma lagarta que tem em seu corpo um pelo urticante, por tanto elas raspam esse pelo e se alimentam dela (BRANDÃO *et al.*, 1991). Por tanto as características desse gênero mostram que sua guilda possivelmente é de predadora especialista, no qual possui um papel específico dentro de todo um nicho ecológico.

2. OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar a diversidade taxonômica e funcional de formigas do solo e da serrapilheira entre três métodos de restauração ecológica: i) restauração florestal em ilhas de vegetação; ii) restauração agroflorestal; iii) restauração natural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer o levantamento da riqueza, frequência e composição de gêneros de formigas.
- Caracterizar os grupos funcionais ou guildas dos gêneros de formigas.
- Comparar e discutir os efeitos dos métodos de restauração sobre a riqueza, frequência e composição de formigas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O experimento está instalado na Fazenda Escola da Universidade Estadual do Maranhão, localizada em São Luís – MA, (S 2° 35' 27.4" e W 44° 12' 35.6"), desde o mês de novembro de 2015. A área experimental tem delineamento em blocos ao acaso, com três tratamentos e seis repetições (Figura 1).

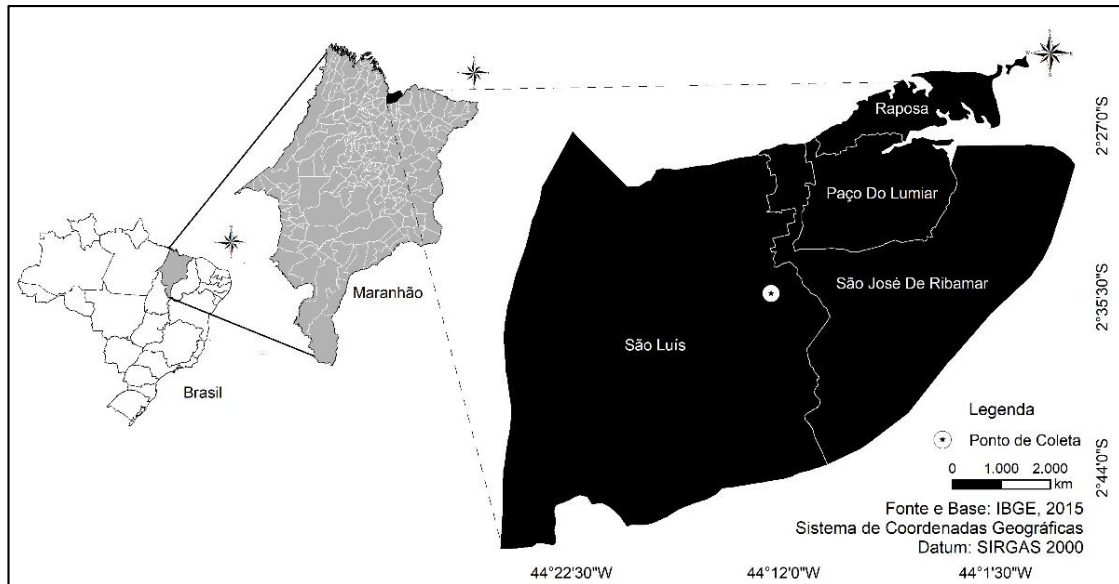


Figura 1. Mapa de localização do ponto de realização do experimento. Fazenda Escola, UEMA.

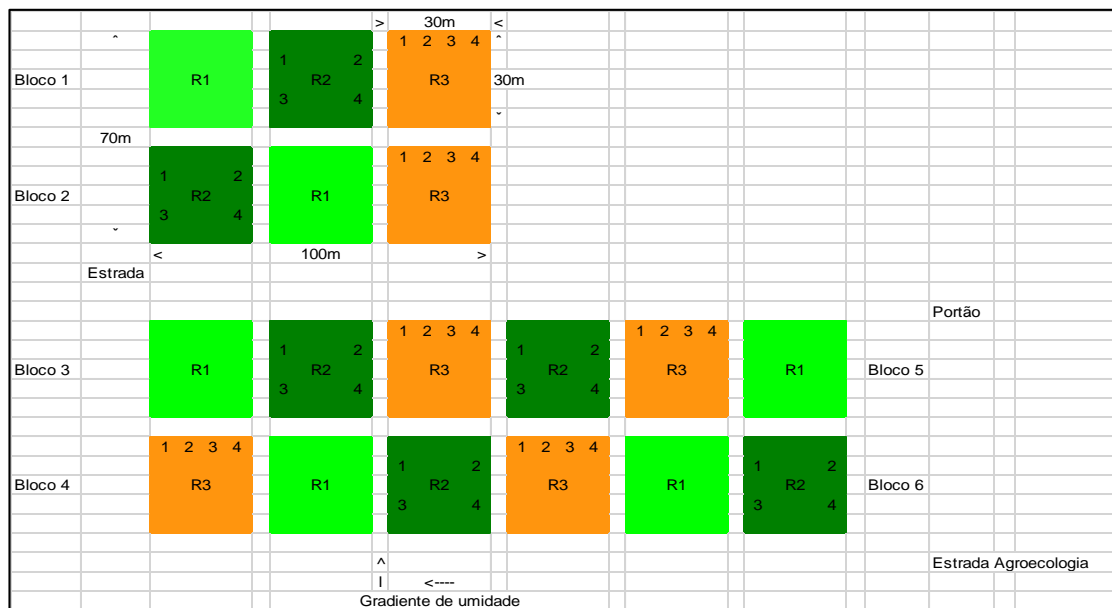


Figura 2. Desenho Experimental

R1: Restauração passiva ou natural

R2: Restauração florestal em ilhas onde 4 ilhas de 13 mudas nativas são plantadas densamente num círculo de 3m de diâmetro

R3: Restauração agroflorestal por meio da instalação de um sistema agroflorestal biodiverso sucessional

Os tratamentos avaliados são 1) Restauração Passiva: com intervenção (Figura 2A); 2) Restauração Florestal: com plantação de mudas de espécies nativas e pioneiras como cajá, cajazinho, ipê, sapucaia, açai, babaçu, cajú e bacuri (Figura 2B); 3) Restauração Produtiva: com sistema agroflorestal (SAF), com espécies como manga, bacuri, ingá, urucum, cajá, jaca, cupuaçu e cacau (Figura 2C). A região de estudo apresenta temperatura média de 27°C, de acordo com a classificação climática de Köppen, o padrão característico local é do tipo AW', equatorial quente e úmido, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa compreendida entre os meses de janeiro e junho, e uma estação seca, entre julho e dezembro.

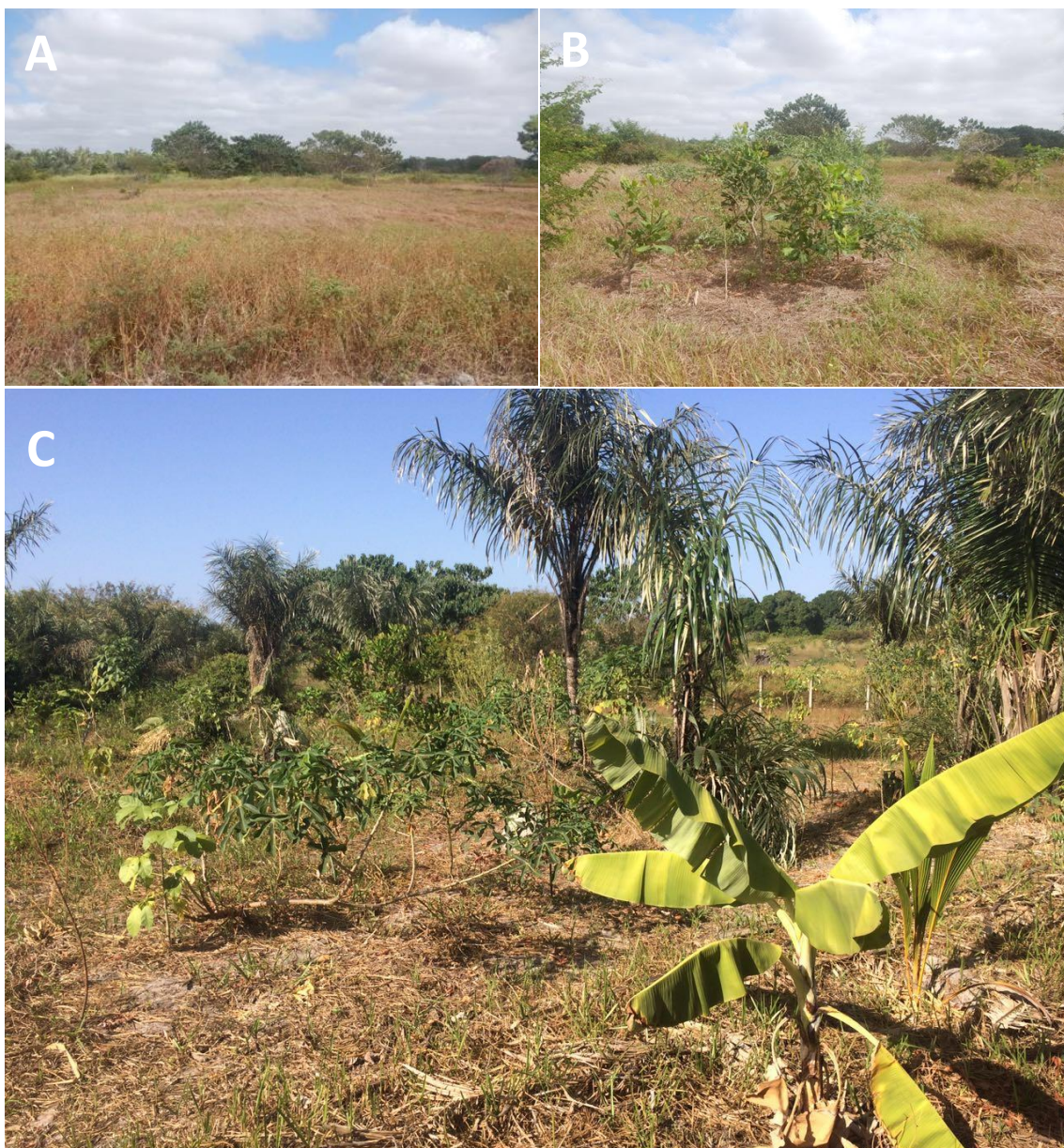


Figura 3. A) Restauração Passiva com intervenção. B) Restauração Florestal com mudas nativas. C) Restauração Produtiva com sistema agroflorestal (SAF).

O solo é caracterizado como de baixa fertilidade natural, oriundo da Formação Geológica Itapecuru, e é classificado como Argissolo vermelho amarelo, distrófico, arênico (EMBRAPA, 2006).

3.2 COLETA

A coleta foi realizada pelo método de armadilhas de solo tipo "Pit-fall" (LOPES; VASCONCELOS, 2008). As armadilhas foram feitas de copos plásticos de 300 ml, contendo aproximadamente 150ml de água com duas gotas de detergente misturadas para facilitar a imersão dos organismos coletados (Figuras 3A, 3B). Em cada tratamento, foram colocadas oito armadilhas, distribuídas em X com 10 metros de distância entre elas. As armadilhas permaneceram no campo por um período de 48 horas.

Duas coletas foram realizadas (período seco e período chuvoso) nos blocos 1, 2 e 3 (Figura 1) nos quais foram feitas amostragem e avaliação dos dados. Os organismos coletados foram preservados em álcool 96% e classificados até o nível gênero, com o auxílio da chave de identificação do livro "Guia para os Gêneros de Formigas do Brasil (BACCARO et al., 2015), assim como o auxílio de ferramentas digitais como o site 'antweb.org' e ao final ao final foi depositado na Coleção de Invertebrados do solo do Maranhão (CISMA), localizada no Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural (NTER) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

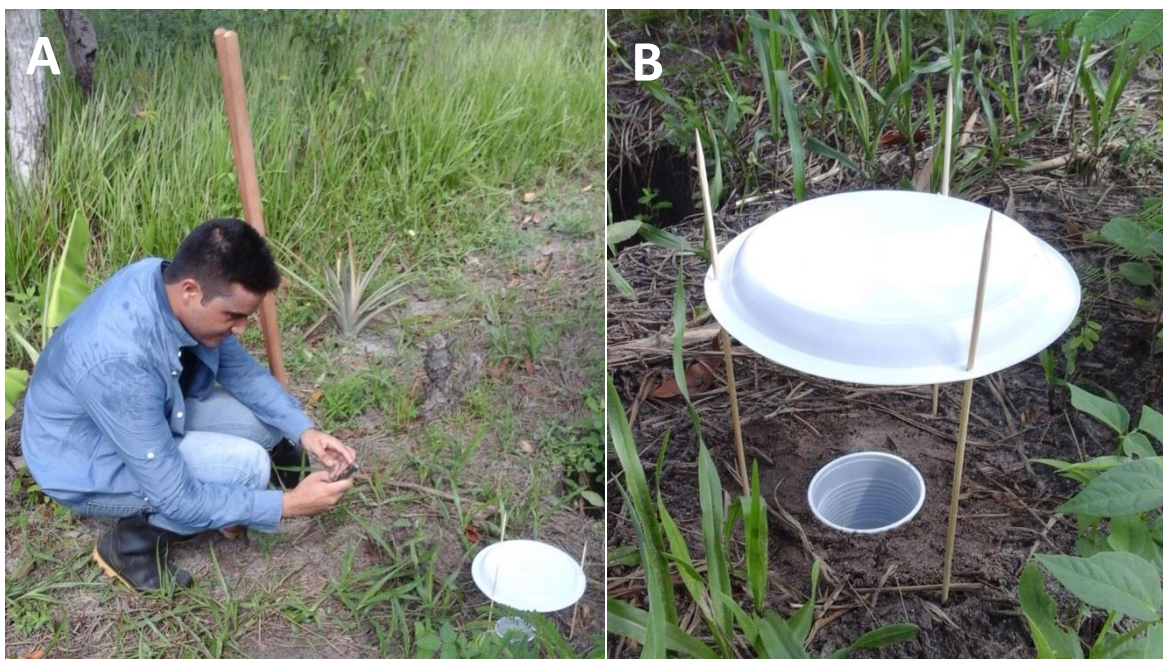


Figura 4. A) Preparação das armadilhas 'Pit-fall'. B) Armadilhas 'Pit-fall' instaladas

3.3 – ANÁLISE DE DADOS

Foram construídas curvas de acumulação de gêneros para avaliar a eficiência do método de coleta na representação da subcomunidade de formigas presentes nas áreas de restauração. Os dados de riqueza e frequência total e relativa foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilks e ao teste de homogeneidade das variâncias Levene. Após comprovada a normalidade e homogeneidade os dados foram submetidos à análise de variância ANOVA modelo generalizado misto. A ANOVA foi seguida pela comparação de médias através do teste LSD ao 5% de probabilidade. Também foi realizado clusters de agrupamento de acordo ao índice de similaridade de Jaccard, o mais indicado para observar diferenças na composição. E finalmente, foram feitas análises multivariadas por meio das Análises de Componentes Principais (ACP). Todas as análises foram feitas com ajuda do software estatístico R (R Development Core Team, 2009) e o Past.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ABUNDÂNCIA TOTAL E ABUNDÂNCIA RELATIVA

Foram coletadas ao total 11.480 formigas, sendo 10.209 nas coletas do período seco e 1.271 no período chuvoso, distribuídas em 8 subfamílias e 24 gêneros (Tabela 1). A subfamília com maior abundância foi a Myrmicinae com 11 gêneros, incluindo os gêneros mais abundantes que são respectivamente *Solenopsis* e *Pheidole* (Figuras 4, 5 e 6). Esses gêneros possuem características similares em seus comportamentos, com uma grande variação de locais que podem nidificar, em geral são oportunistas, generalistas e as *Solenopsis* são recrutadoras forrageando na serapilheira e vegetação baixa. Os dois gêneros possuem também uma boa adaptação para ambientes perturbados e ambientes urbanos (BACCARO *et al.*, 2015).

Entre as coletas do período seco e chuvoso observou-se uma diferença brusca na quantidade de indivíduos presentes nas armadilhas, esse fenômeno é característico do grupo dos insetos, sendo que no período seco eles saem de seus ninhos para forrageio e preparação para que sobrevivam ao período chuvoso com a mínima necessidade de sair de seus ninhos (SANTOS *et al.*, 2012).

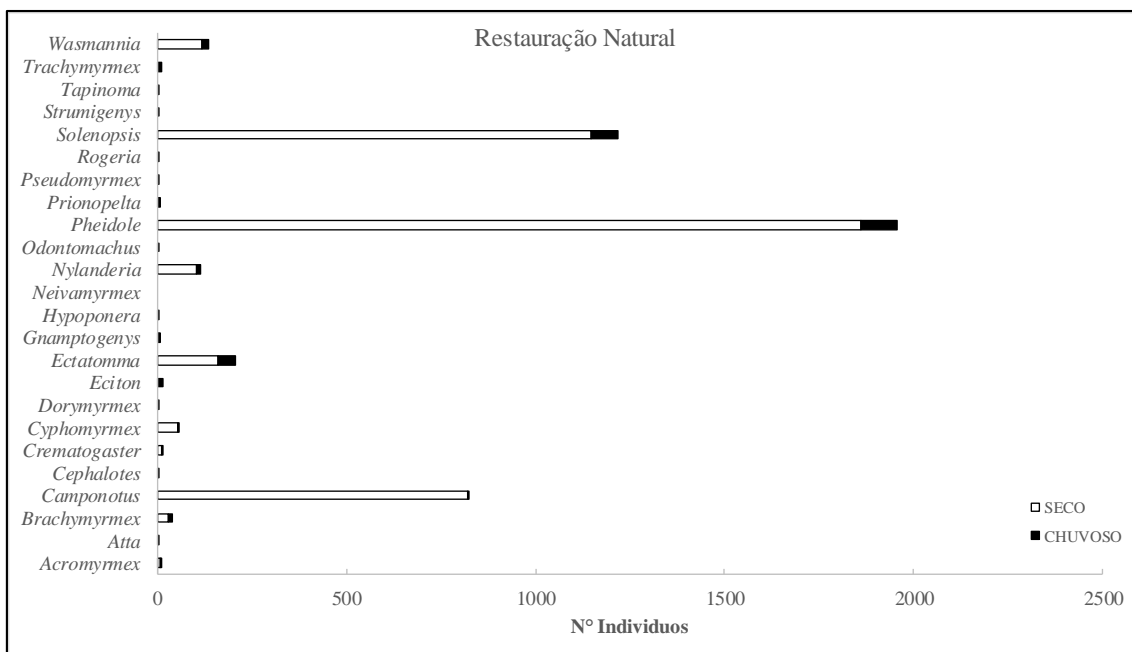


Figura 5. Gráfico de Abundância Total de formigas nas coletas do período seco e chuvoso no tratamento de Restauração Natural.

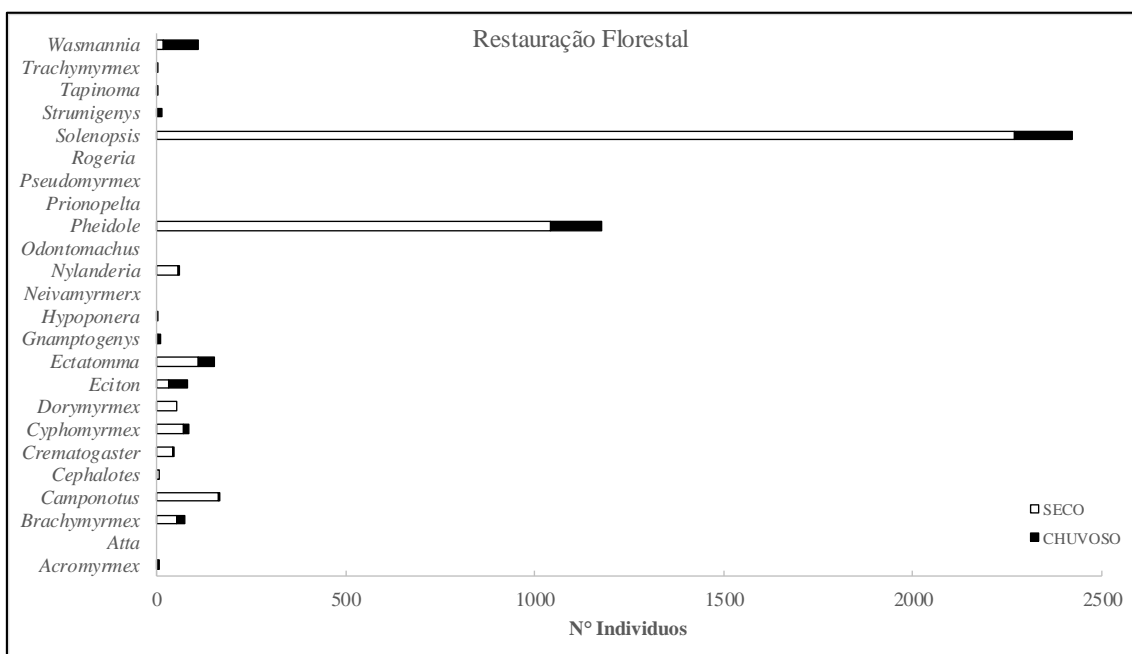


Figura 6. Gráfico de Abundância Total e Relativa de formigas nas coletas do período seco e chuvoso no tratamento de Restauração Florestal (Ilhas).

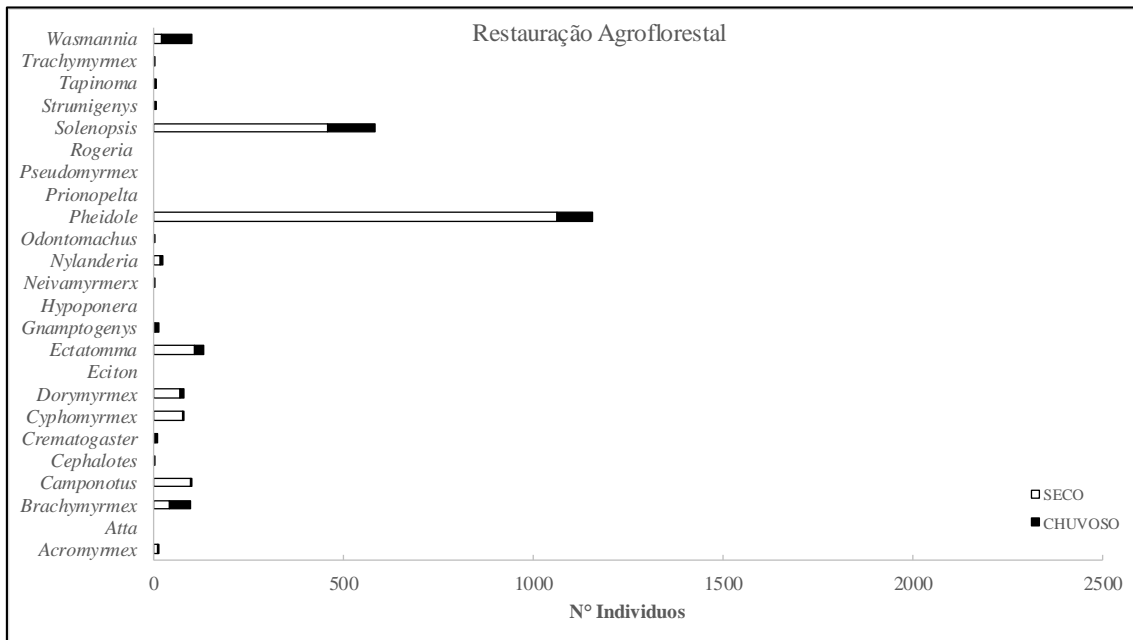


Figura 7. Gráfico de Abundância Total e Relativa de formigas nas coletas do período seco e chuvoso no tratamento de Restauração Agroflorestal (SAF).

4.2 ACÚMULO DE GÊNEROS

A curva de acumulação dos gêneros no tratamento de Restauração Natural mostrou-se um pouco acima dos outros tratamentos, com apenas um gênero não coletado nesse tratamento, o gênero *Neivamyrmex*, que possui um comportamento peculiar no qual o ninho costuma se movimentar constantemente, essas formigas são conhecidas como formigas de correição ou legionárias.

Os outros dois tratamentos Restauração Florestal (Ilhas) e Restauração Agroflorestal (SAF) acabaram por mostrar uma semelhança no acúmulo dos gêneros, porém só a presença ou ausência não pode responder se esses tratamentos diferenciaram de fato da Restauração Natural.

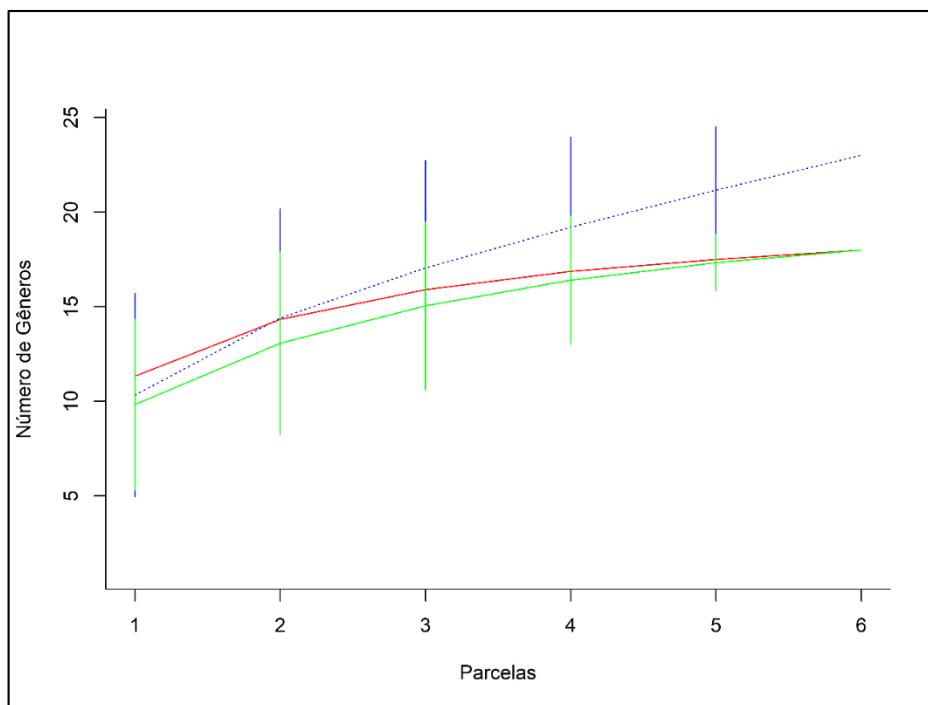


Figura 9. Gráfico de acumulação de gêneros dentro de cada tratamento.

4.3 ÍNDICES

O total de gêneros coletados foram 24, porém a maior riqueza dentro de uma parcela foi de 14 gêneros e a menor foi de 6 gêneros. Os valores de Shannon variaram entre $H' = 0,957$ e $H' = 2,06$ e os valores de Pielou $J' = 0,084$ e $J' = 0,223$ (Tabela 1), no qual o maior valor de H' está diretamente ligado com a maior riqueza, e o maior valor de J' correspondente a menor riqueza.

A ANOVA mostrou que o fator parcela ou tratamento não teve uma diferença significativa entre eles. O único fator que se mostrou relevante na amostragem foi a realização de duas coletas em estações diferentes na abundância total, mostrando uma diferença de pelo menos 90% na quantidade de indivíduos amostrados, enquanto a maior riqueza foi amostrada exatamente no período chuvoso.

Apesar do número restrito de indivíduos amostrados, a riqueza de maior valor foi encontrada no período chuvoso, dentro da restauração natural, no qual alguns gêneros como *Odontomachus*, *Prionopelta*, *Strumigenys*, *Eciton* e *Gnamptogenys* foram coletados, sendo essas formigas todas de hábitos similares em relação a obtenção de alimento por predação, seja abaixo ou acima do solo (BRANDÃO *et al.*, 2012; DELABIE *et al.*, 2015).

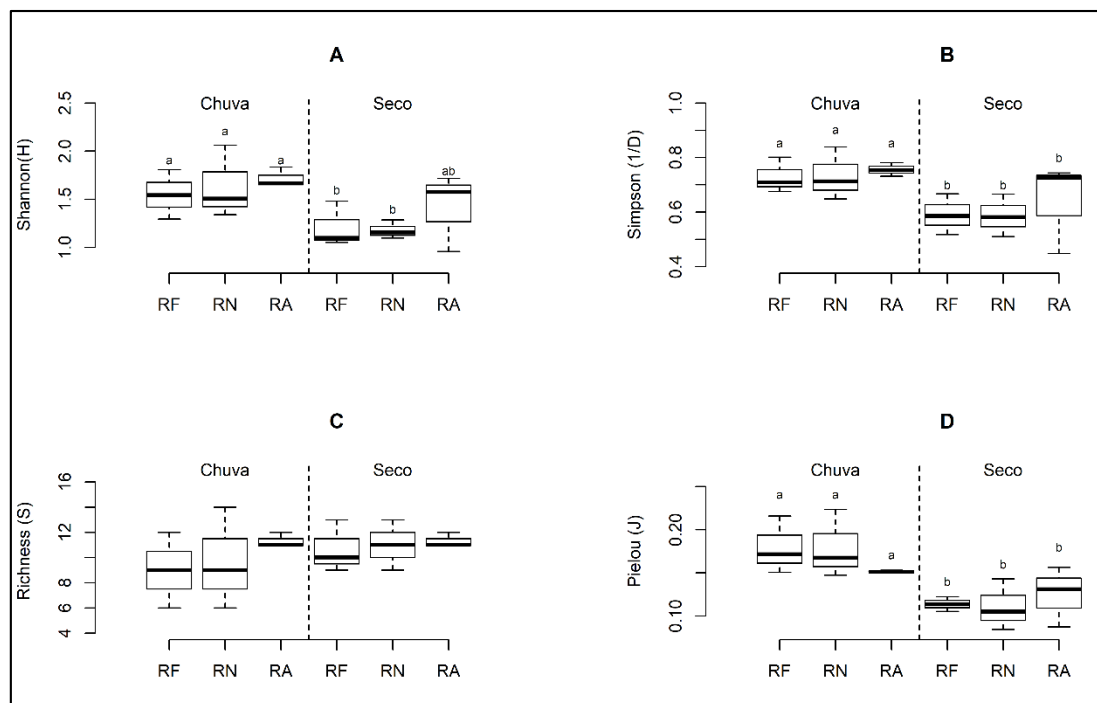


Figura 8. Gráficos referentes aos índices de diversidade A) Shannon (H'). B) Simpson ($1/D$). C) Riqueza (S). D) Pielou (J')

Tabela 1. Quadro demonstrativo de todos os índices de cada tratamento e parcela.

Tratamento/Parcela	Shannon H'	Simpson ($1/D$)	Riqueza	Pielou J'
RN1	1.096	0.582	13	0.084
RN2	1.285	0.665	9	0.142
RN3	1.154	0.510	11	0.104
RN4	1.507	0.713	9	0.167
RN5	1.340	0.648	6	0.223
RN6	2.060	0.837	14	0.147
ILHA1	1.052	0.517	10	0.105
ILHA2	1.098	0.586	9	0.122
ILHA3	1.478	0.667	13	0.113
ILHA4	1.544	0.709	9	0.171
ILHA5	1.295	0.675	6	0.215
ILHA6	1.805	0.800	12	0.150
SAF1	1.573	0.724	12	0.131
SAF2	0.957	0.448	11	0.087
SAF3	1.718	0.743	11	0.156
SAF4	1.652	0.731	11	0.150
SAF5	1.834	0.781	12	0.152
SAF6	1.664	0.753	11	0.151

4.4 SIMILARIDADE

O índice de Jaccard mostra uma similaridade na composição dos gêneros entre as parcelas mais próximas, que são de tratamentos diferentes e o período de coletas similares. Isso pode ser observado principalmente na parcela 6, que corresponde a coleta do período chuvoso e com proximidade entre os três tratamentos realizados no experimento, esse mesmo agrupamento também pode ser observado na parcela 3. O agrupamento das parcelas de tratamentos diferentes, sendo eles no mesmo bloco, tornou-se mais relevante do que agrupamentos por tratamentos semelhantes em blocos diferentes.

Dentro da área do experimento não existe nenhuma forma de isolamento entre as parcelas que separe e/ou isole os métodos de restauração ecológica, então a similaridade entre os blocos e não por tratamento torna-se mais evidente, sendo que a identificação até gênero pode ter gerado essa proximidade por não ter uma especificidade muito grande no habitat ou nicho ecológico.

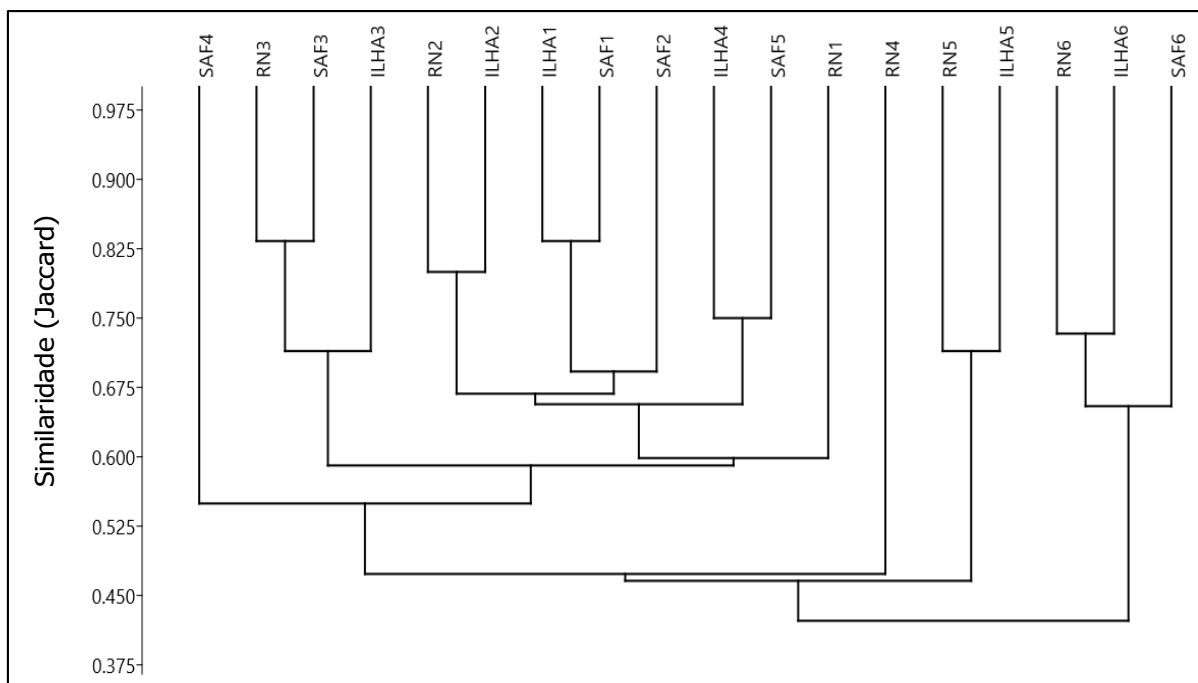


Figura 10. Dendrograma de Similaridade Jaccard entre todas as parcelas e tratamentos.

4.5 ANÁLISE MULTIVARIADA

Uma análise realizada por PCA não mostrou significância na riqueza entre os tratamentos, com um $p=0,270$. Esse resultado mostra que a identificação apenas até gênero não foi suficiente para que se obtivesse uma resposta concreta sobre o efeito dos diferentes métodos de restaurações na comunidade de formigas.

E os gêneros que mais são compartilhados entre os tratamentos possuem comportamentos de formigas generalistas *Camponotus*, *Wasmannia* e *Pheidole*, por tanto não é possível afirmar que a ausência ou presença de determinados gêneros sem a identificação até espécie mostre de fato a evolução dos tratamentos de uma forma individual. Tanto a relação da Restauração Natural com os gêneros *Camponotus* e *Wasmannia* quanto a relação de Restauração Agroflorestal (SAF) com *Solenopsis* é devido a disparidade na abundância pela metodologia de coleta.

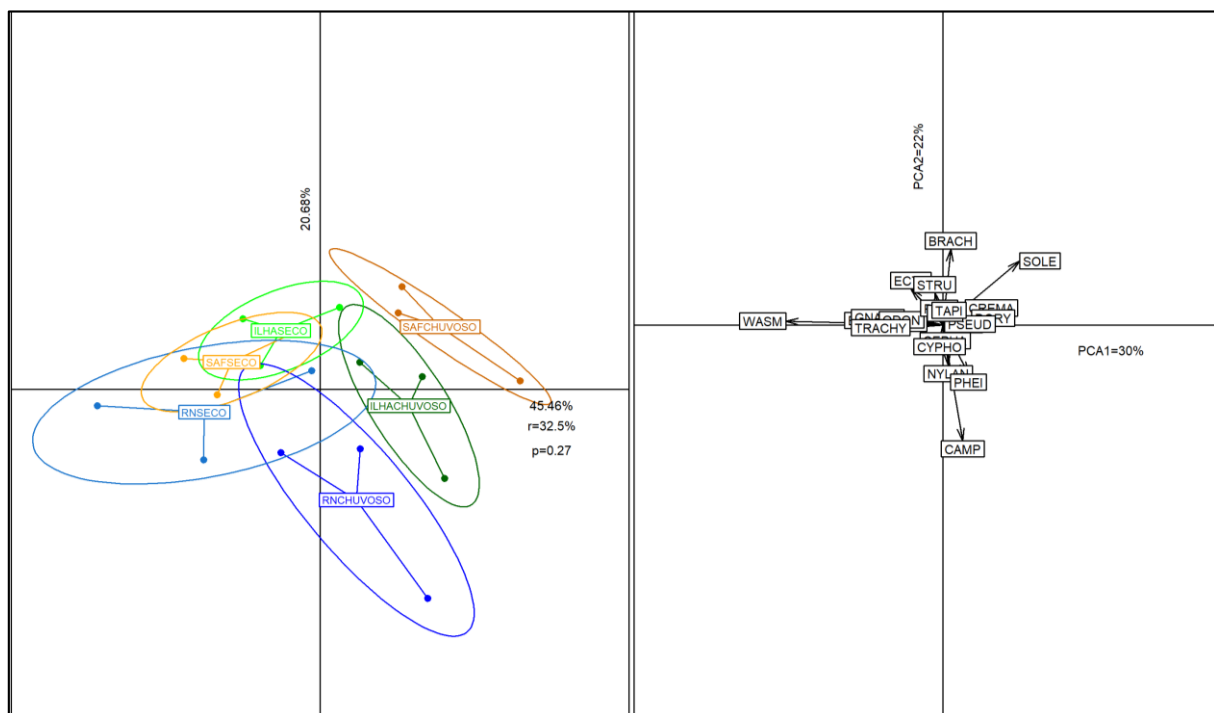


Figura 11. Gráfico de análises multivariadas entre os tratamentos e os gêneros identificados e amostrados.

4.6 GUILDAS

Foi possível a caracterização de 10 guildas na riqueza total encontrada na amostragem, utilizando uma classificação superficial dentro dos gêneros, que são:

Tabela 2. Classificação das guildas das formigas amostradas

GUILDA	CARACTERIZAÇÃO DA GUILDA
Arbóreas	FORAGEIAM e nidificam em árvores
Arbóreas Dominantes	Comportamento mais intenso em árvores
Cultivadoras de Fungos	Se alimentam de fungos cultivados na colônia
Generalistas	FORAGEIAM e nidificam em vários ambientes
Legionárias	Hábito de correição
Predadoras	Hábito predatório na obtenção de alimento
Predadoras Especialistas	Hábito predatório e específico na obtenção de alimento
Predadoras Generalistas	Hábito predatório diverso
Predadoras Generalistas Epigéicas	Hábito predatório
Predadoras Generalistas Hipogéicas	Hábito predatório

Todos os 24 gêneros amostrados foram agrupados dentro das guildas (Tabela 3) que foram classificadas de acordo com Brandão *et al.*, 2012 na tabela 2. Guildas formadas por formigas generalistas e algumas de comportamento arbóreo foram encontradas, gêneros comuns encontrados facilmente em coletas de diversos ambientes (BUENO & CAMPOS, 2017).

Dentro das cultivadoras de fungo apenas uma formiga do gênero *Atta* foi coletada, isso mostra que o formigueiro possivelmente estava longe das áreas de tratamento beneficiando a sucessão da área levando em consideração que em alguns casos esse gênero é tido como praga em áreas de plantios, pois utilizam de matéria orgânica fresca para o seu cultivo e por isso também são conhecidas como formigas cortadeiras (BUENO & CAMPOS, 2017; CHAVES *et al.*, 2018).

Outra guilda de destaque são a de formigas arbóreas como *Cephalotes*, *Crematogaster* e *Pseudomyrmex*, sendo respectivamente os dois últimos tidos como agressivos e com associações diretas com algumas espécies de plantas, que mesmo com esse comportamento são passíveis de coleta em pit-fall por causa do seu forrageio que pode não ser exclusivo arbóreo dependendo da espécie, também outros gêneros com quantidades reduzidas de espécimes coletados (HOUADRIA *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2018).

Dois gêneros de formigas legionárias ou formigas de correição também foram amostrados, sendo eles *Eciton* e *Neivamyrmex*, possuem um hábito bem peculiar no qual o ninho está em constante movimentação e seu forrageamento tem característica predatória (FRANKS, 1986; LA POLLA *et al.*, 2002).

Tabela 3. Classificação dos gêneros amostrados dentro das guildas

Subfamília/Gênero	SECO			CHUVOSO			GUILDAS
	RN	RF(Ilha)	RA(SAF)	RN	RF(Ilha)	RA(SAF)	
Amblyoponinae							
<i>Prionopelta</i>	0	0	0	6	0	0	Predadoras Especialistas
Dolichoderinae							
<i>Dorymyrmex</i>	2	51	69	0	0	11	Generalistas
<i>Tapinoma</i>	1	1	1	0	0	1	Generalistas
Dorylinae							
<i>Eciton</i>	0	32	0	15	48	0	Legionárias
<i>Neivamyrmex</i>	0	0	0	0	0	1	Legionárias
Ectatomminae							
<i>Ectatomma</i>	160	109	107	47	43	23	Predadoras Generalistas Epigéicas
<i>Gnamptogenys</i>	3	4	4	1	6	10	Predadoras Generalistas Hipogéicas
Formicinae							
<i>Brachymyrmex</i>	30	51	42	9	24	55	Generalistas
<i>Camponotus</i>	816	162	98	4	2	3	Arbóreas Dominantes
<i>Nylanderia</i>	105	57	15	9	1	10	Generalistas
Myrmicinae							
<i>Acromyrmex</i>	9	3	9	3	3	1	Cultivadoras de Fungos
<i>Atta</i>	1	0	0	0	0	0	Cultivadoras de Fungos
<i>Cephalotes</i>	2	5	1	0	0	0	Arbóreas
<i>Crematogaster</i>	11	41	3	3	3	5	Arbóreas Dominantes
<i>Cyphomyrmex</i>	55	69	75	1	16	5	Cultivadoras de Fungos
<i>Pheidole</i>	1862	1042	1062	93	136	93	Generalistas
<i>Rogeria</i>	0	0	0	1	0	0	Predadoras Generalistas
<i>Solenopsis</i>	1147	2269	458	71	154	124	Generalistas
<i>Strumigenys</i>	0	0	0	1	15	5	Predadoras
<i>Trachymyrmex</i>	0	0	4	12	1	0	Cultivadoras de Fungos
<i>Wasmannia</i>	116	18	21	19	90	80	Generalistas
Ponerinae							
<i>Hypoponera</i>	0	0	0	1	2	0	Predadoras Generalistas Hipogéicas
<i>Odontomachus</i>	0	0	0	2	0	2	Predadoras Generalistas Epigéicas
Pseudomyrmecinae							
<i>Pseudomyrmex</i>	3	0	0	0	0	0	Arbóreas Dominantes

5. CONCLUSÕES

É possível observar que a diversidade e riqueza dos gêneros dentro dos tratamentos mostram que, apesar da alta abundância e densidade de formigas elas não são proporcionalmente correspondentes. Por tanto a metodologia de coleta nos dá um N amostral amplo, porém com uma disparidade entre a abundância e riqueza.

Com esse trabalho conclui-se que as metodologias para coleta de formigas, principalmente para comparação de efeito em tratamentos de restauração ecológica, devem ser complementares, não optando apenas por uma forma de armadilha.

Também é possível concluir que para o estabelecimento de respostas concretas acerca de guildas e as funções dentro de um ecossistema é necessário a identificação das formigas até espécie, pois dentro de um mesmo gênero ocorre variação nas guildas funcionais e papéis ecológicos no ambiente.

REFERÊNCIAS

- BACCARO, F.B.; et al. Guia Para Identificação de Formigas do Brasil. Manaus, AM, Editora INPA, 388 p., 2015.
- BARROS, R. S. M. Medidas de diversidade biológica. 2007. p.13. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais – GECOL. Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Juiz de Fora, MG,
- BRAGA, Danielle L et al. Avaliação rápida da diversidade de formigas em sistemas de uso do solo no sul da Bahia. *Neotropical Entomology*, v. 39, n. 4, p. 464-469, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2010000400002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 jan. 2017.
- Brandão CRF, Diniz J, Tomotake E (1991) *Thaumatomyrmex* strips millipedes for prey: a novel predatory behaviour in ants, and the first case of sympatry in the genus (Hymenoptera: Formicidae). *Insectes Sociaux* 38:335–344
- BRANDÃO, Carlos; SILVA, Rogério; DELABIE, Jacques. Neotropical Ants (Hymenoptera) Functional Groups. *Insect Bioecology And Nutrition For Integrated Pest Management*, [s.l.], p.213-236, 8 mar. 2012. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/b11713-13>.
- BUENO, Odair Correa; CAMPOS, Ana Eugênia de Carvalho; MORINI, Maria Santina de Castro. Formigas em ambientes urbanos no Brasil. Bauru, Sp: Canal 6 Editora, 2017. 685 p.
- CELENTANO, D., & ROUSSEAU, C. A. G. Integral Ecological Restoration: Restoring the Link between Human Culture and Nature. *Ecological Restoration*, 34: 94–97, 2016.
- CHAVES, Erivelton; CORRÊA NETO, José Jesus de; GOMES, Leonardo. Ocorrência de formigas do gênero *Atta* (Hymenoptera: Formicidae) na região norte do Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, São Paulo, v. 19, n. 1, p.137-141, 2018.
- DELABIE, Jacques H. C. et al. As formigas Poneromorfas do Brasil Ilhéus-Bahia 2015 Organizadores Jacques H. C. Delabie, Rodrigo M. Feitosa, José Eduardo Serrão, Cléa S. F. Mariano, Jonathan D. Majer UESC Universidade. Ilhéus, Ba: Editus, 2015. 477 p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2a. ed. Rio de Janeiro, 306 p., 2006.
- ENGEL, V.L. & PARROTTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara (orgs). *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. FEPAF, Botucatu, p.1-26, 2008.
- FRANKS, Nigel R. Teams in social insects: group retrieval of prey by army ants (*Eciton burchelli*, Hymenoptera: Formicidae). *Behavioral Ecology And Sociobiology*. Berlim, p. 425-429.1986.

FREIRE, C. B.; OIVEIRA, G. V.; MARTINS, F. R. S.; SOUZA, L. E. C.; LAUCAU, L. S. R.; CORRÊA, M. M. Riqueza de formigas em áreas preservadas e em regeneração de caatinga arbustiva no sudoeste da Bahia, *Revista Brasileira de Biociências*, v. 10, p. 131-134, 2012.

GRIMBACHER, Peter S.; HUGHES, Lesley. Response of ant communities and ant–seed interactions to bush regeneration. *Ecological Management and Restoration*, v. 3, n. 3, p. 188-199, 2002. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.14428903.-2002.00112.x/full>> Acesso em: 15 jan. 2017.

HIGGS, Eric et al. On principles and standards in ecological restoration. *Restoration Ecology*, [s.l.], v. 26, n. 3, p.399-403, 24 mar. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12691>.

HOUADRIA, Mickal Y.i. et al. Host-plant dissections reveal contrasting distributions of *Crematogaster* ants and their symbionts in two myrmecophytic *Macaranga* species. *Ecological Entomology*, [s.l.], 24 maio 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/een.12633>.

KLIPPEL, Valéria Hollunder et al. Avaliação de métodos de restauração florestal de mata de tabuleiros-ES. *Revista Árvore*, v. 39, n. 1, p. 69-79, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622015000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2017.

LaPolla JS, Mueller UG, Seid M, Cover SP. Predation by the army ant *Neivamyrmex rugulosus* on the fungus- growing ant *Trachymyrmex arizonensis*. *Insectes Soc* 49:251–256, 2002.

LONGCORE, T. Terrestrial Arthropods as Indicators of Ecological Restoration Success in Coastal Sage Scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology*, v 11, p. 397–409, 2003. doi:10.1046/j.1526-100X.2003.rec0221.x

LOPES, Cauê T.; VASCONCELOS, Heraldo L. Evaluation of three methods for sampling ground-dwelling Ants in the Brazilian Cerrado. *Neotropical Entomology*, v. 37, n. 4, p. 399-405, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519566X2008000400007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2017.

MIRANDA, Patricia Nakayama et al. A riqueza e composição de formigas como indicadores dos efeitos do manejo florestal de baixo impacto em floresta tropical no estado do Acre. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 163-173, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622013000100017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 jan. 2017.

Muñoz-Gutiérrez, J. A., Roussea, G. X., Andrade-Silva, J., & Delabie, J. H. C. (2017) Ants' higher taxa as surrogates of species richness in a chronosequence of fallows, old-grown forests and agroforestry systems in the Eastern Amazon, Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 279-291.

NAVAS, R. Ecological Restoration Indicators In Agroforestry Systems In The Atlantic Forest. *Ciência e Natura*, [s.l.], v. 38, n. 2, p.656-664, 31 maio 2016. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x19666>.

PINZÓN, S. T. et al. La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasileira. *Rev. Fac. Agron., Brasil*. 114 (1):49-60, 2015.

R Development Core Team. (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org>.

REIS, A.; KAGEYAMA, P.Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: Kageyama et al. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*. Botucatu, FEPAF, p. 91-110, 2003.

RIBEIRO, L. F. et al. Extrafloral nectar as a driver of arboreal ant communities at the site-scale in Brazilian savanna. *Austral Ecology*, [s.l.], p.1-9, 21 abr. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/aec.12612>.

ROCHA, W. et al. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) Bioindicadoras de Degradação Ambiental em Poxoréu, Mato Grosso, Brasil. *Floresta Ambient., Seropédica*, v. 22, n.1, p. 88-98, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S217980872015000100088&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 jan. 2017.

ROUSSEAU G.X. et al. Earthworms, ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no-fire agro-ecosystems from eastern Brazilian Amazonia. *Acta Zool Mex* 2:117–134, 2010.

RYCA, S. J C. R. et al. Ant diversity in agro ecosystems and secondary forest. *African Journal Of Agricultural Research*, [s.l.], v. 10, n. 49, p.4449-4454, 3 dez. 2015. Academic Journals. <http://dx.doi.org/10.5897/ajar2015.9521>.

SANTOS, S. R. Q. et al., A riqueza das formigas relacionadas aos períodos sazonais em Caxiuanã durante os anos de 2006 e 2007. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 27, n. 3, p. 308- 314, 2012.

SILVA, R.R.; FEITOSA, R.S.M.; Eberhardt, F. Reduced ant diversity along a habitat regeneration gradient in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, n. 240, p. 61-69, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706011364>> Acesso em: 16 jan. 2017.

VIEIRA, I. C. G. et al. Bases técnicas e referenciais para o programa de restauração florestal de pará: Um bilhão de árvores para a Amazônia. 2. ed. Belém, Pa: Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará, 2008. 103 p.