

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:  
COMPORTAMENTO E BIOLOGIA ANIMAL

THIAGO DA SILVA NOVATO

SEJA DIFERant: ETNOMIRMECOLOGIA E PERSPECTIVAS AGROECOLÓGICAS NO  
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

JUIZ DE FORA - MG

2020

THIAGO DA SILVA NOVATO

SEJA DIFERant: ETNOMIRMECOLOGIA E PERSPECTIVAS AGROECOLÓGICAS NO  
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

BE DIFFERant: ETHNOMIRMECOLOGY AND AGROECOLOGICAL PERSPECTIVES  
IN THE CONTROL OF LEAF CUTTING ANTS

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas: Comportamento e Biologia Animal da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito para obtenção do título de Mestre

Orientadora: Professora Doutora Juliane Floriano Lopes Santos  
Co-orientador: Professor Doutor Gustavo Taboada Soldati

JUIZ DE FORA - MG  
2020

Ficha catalográfica elaborada através do  
programa de geração automática da Biblioteca  
Universitária da UFJF, com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a)

Novato, Thiago da Silva .

Seja "Diferant": Etnomirmecologia e perspectivas  
agroecológicas no controle de formigas cortadeiras / Thiago da  
Silva Novato. -- 2020.

95 f. : il.

Orientadora: Juliane Floriano Lopes Santos

Coorientadora: Gustavo Taboada Soldati

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de  
Pós-Graduação em Ciências Biológicas: Comportamento  
Animal, 2020.

1. Conhecimento tradicional . 2. Comportamento Animal . 3.  
Controle Alternativo . 4. Etnobiologia . 5. Etnomirmecologia . I.  
Floriano Lopes Santos , Juliane, orient. II. Taboada Soldati, Gustavo  
, coorient. III. Título.

Thiago da Silva Novato

SEJA DIFERant: ETNOMIRMECOLOGIA E PERSPECTIVAS AGROECOLÓGICAS NO  
CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS

BE DIFFERant: ETHNOMIRMECOLOGY AND AGROECOLOGICAL PERSPECTIVES  
IN THE CONTROL OF LEAF CUTTING ANTS

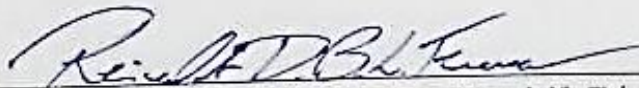
Dissertação apresentada ao Instituto de  
Ciências Biológicas, Programa de Pós  
Graduação em Ciências Biológicas:  
Comportamento e Biologia Animal da  
Universidade Federal de Juiz de Fora, como  
requisito para obtenção do título de Mestre.

**APROVADO EM:**

**BANCA EXAMINADORA:**



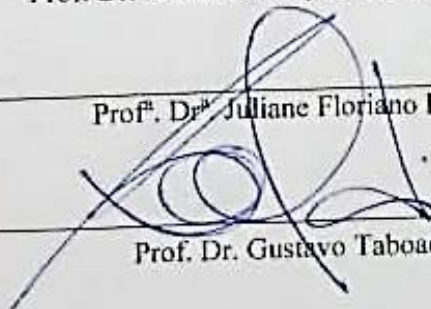
Prof.ª. Dr.ª. Carla Rodrigues Ribas



Prof. Dr. Reinaldo Duque Brasil Landulfo Teixeira



Prof.ª. Dr.ª. Juliane Floriano Lopes Santos



Prof. Dr. Gustavo Taboada Soldati

JUIZ DE FORA - MG  
2020

Este estudo é fruto da uma tentativa de diálogo entre o conhecimento científico e o conhecimento popular. Por ser dialético, todas as informações aqui apresentadas sobre os conhecimentos agroecológicos e os métodos no controle de formigas cortadeiras pertencem aos camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves, tendo, portanto, sua a origem e propriedade intelectual protegidas pela Lei 13.123 de 2015.

**Dedico aos companheiros do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), que no significado hermenêutico de seus princípios, são Revolução.**

**“Afagar a terra  
Conhecer os desejos da terra  
Cio da terra, propícia estação  
E fecundar o chão.”**

**(Milton Nascimento, 1994)**

## AGRADECIMENTOS

A gratidão ao meu ver é a exteriorização mais pura de luz e afeto que pode ser trocada entre minha pessoa e outros seres vivos. Esse trabalho transcende o objetivo de conquistar um título, e é fruto gerado por muitas mãos, muita energia e várias forças visíveis e invisíveis. Agradeço a todas essas manifestações de carinho e afeto por estarem sempre comigo.

Agradeço aos meus pais Gilmar Lima Novato e Marilene da Silva, por abraçarem meus sonhos e me confortarem com o amor e o incentivo nos estudos. Todos os dias suas histórias de vida me impulsionam para construir um futuro menos duro para nós. Vocês são tudo para mim! Um dia mãe, não será preciso picar tanta verdura o dia inteiro para ajudar nas vendas. Pai, você não precisará mais acordar de madrugada para enfrentar a estrada. Me orgulho muito de vocês e do legado que trouxeram para mim!

Às minhas irmãs Fernanda e Thaís por serem a alegria dos meus dias, por ajudarem meus pais com tanta dedicação e por oferecer a mim amor, momentos de risadas, descontração e como todos irmãos, momentos de desentendimentos, para depois conversarmos normalmente como se nada tivesse acontecido.

À minha tia Elienai Carmo pelo apoio moral e espiritual na minha vida estudantil e pelo enorme carinho que foram combustíveis para minha caminhada na escola e na faculdade.

Às minhas primocas barramansenses Josi, Joyce e Daiane, tenho apenas pensamentos extremamente felizes! Vocês recarregam minhas energias, alegram meu coração e me enchem de saudades!

À minha avozinha Maria dos Anjos (“Eita Juju”), especial e de imensa escola de vida, me mandando boas energias, beijos acolhedores e muitos quitutes de vó que não canso de comer. Te amo “véa”!

Ao meu companheiro Placiano, que participou e participa diretamente de tudo que faço no meio acadêmico, que me ensinou tudo o que sei, que sempre está presente nos bons e nos maus momentos, e que sempre estará no meu coração. Obrigado pelos conselhos, por ser meu lenço na maioria das vezes e o mais importante de tudo, obrigado pelo seu amor! Você é parte de mim!

Agradeço infinitamente pelo companheirismo, amizade e aos laços criados com a Alexia, Carol, Jaque e Kamila. Vocês são as mulheres da minha vida! Nossa trajetória me fortalece a cada dia. Enfrentamos tantas coisas no coletivo! Vivemos dias felizes, inesquecíveis e difíceis. Eu fecho os olhos e só consigo pensar no nosso abraço coletivo. Da gente de mãos dadas sorrindo e uma luz muito forte nos envolvendo de amor e força. Vocês são responsáveis



pela minha maturidade espiritual e acadêmica. Vocês são uma ponte de madeira em dias de tempestade que permitem seguir meus caminhos sem ser levado pela correnteza da vida e me afogar. Eu amo tanto vocês que até dói! Obrigado pelos conselhos, por me ouvir e aturar meus surtos. Mais recentemente, Andressa e Mari tem feito parte disso também! E quando sorrimos juntos, percebo que todos nós nos conhecemos por gerações! Presentes da minha vida!

À Giiii Passos, por ter me trazido de volta para a espiritualidade que andava adormecida. No período mais tenso da condução do trabalho, você ressurgiu como uma mensageira dizendo que era hora de me reconectar. Me fortaleci com os guias de luz e ainda mais com nossa amizade. Você tem sido um anjo na minha vida! Obrigado a você, aos orixás e bondosos mensageiros que me rodeiam.

À minha grande amiga Luana Caiafa, por me amparar e acompanhar meu cotidiano, por ser definitivamente uma mulher que me passa força e entusiasmo. Você é como uma irmã para mim! Na reta final foi essencial para me guiar em dias difíceis. Me ajudou nas análises, me ajudou na minha organização e me acalmou com suas doces covinhas quando ríamos de nervoso juntos. Me apresentou a Maria Pimenta, que formou o nosso quarteto na disciplina de multivariada junto com o Lucas. Você é muito especial para mim meu amor!

Ao meu amigo Felipe Santos, por ter entrado no mestrado junto comigo. Sua alegria e nossas brincadeiras tornaram meus dias sempre mais descontraídos. Você também foi essencial para despertar em mim processos internos nesse período que eu não enxergava. Só tenho a agradecer, agradecer e agradecer!

Às amigadas criadas e fortalecidas no mestrado, que me renderam muito divertimento e amor pela vida. Bianca, Day, Kekel, Marcelle, Thiago, Angie, Gabi, Talys, Júlio, Alexssandra e Nathy são pessoas maravilhosas e que muito me apoiaram desde o início do mestrado. Vocês me passam muito conforto e tenho orgulho de fazer parte do dia a dia de vocês.

Com carinho, dedico todo o meu reconhecimento e gratidão por ter conhecido Jéssica Andrade. Somos vizinhos de laboratório e nossa amizade surgiu tão natural como o desabrochar de uma flor. É simplesmente incrível a força que você me passa nas suas palavras e o quanto me conforta. Eu amo estar com você e sua viagem me encheu de entusiasmo. O que sinto por você é também algo espiritual e hoje sou totalmente ligado a você. Você falou coisas que eu precisava escutar mesmo sem ter te falado o que passei nos dias que estive fora. Essa dissertação tem muito você! Eu te amo!

Ao Rafael, Maíra, João, Renatinha, Tallyssa e Letícia Bugué por terem me apoiado mesmo de longe toda minha caminhada e por serem compreensíveis por ser um amigo ausente às vezes por conta da vida acadêmica. Vocês foram meus primeiros grandes amigos e guardo todos nossos momentos no meu coração.

À todas professoras e professores que já passaram por minha vida e construíram em mim a pessoa que sou hoje.

Agradeço a Professora Sônia Sin Singer Brugiolo pelo apoio e oportunidade de embarcar na vida acadêmica e por despertar o amor pelos insetos. Você foi a primeira a me acolher de forma tão carinhosa e amiga.

À Juliane Lopes (Xuuuu) por ter me recebido de paraquedas no laboratório. Eu cheguei literalmente do nada com o projeto dessa dissertação que era algo novo para você e para mim e você o pegou com garras e dentes. Admiro muito seu profissionalismo, a sua alegria cotidiana e principalmente por me ensinar a ter mais confiança no que eu faço. Você me inspira como pesquisador! Eu gosto muito de passar meus dias com você, seja trabalhando, seja compondo músicas, “tomando uma breja no calor” e também viajando em terras nordestinas!

Ao Tigu por me passar sabedoria, boas músicas, uma amizade linda e por ter surgido na minha vida para me dar um norte. Você simplesmente encheu meus olhos de brilho e meu coração de alegria ao me apresentar a Etnobiologia. Até um pouco antes de te conhecer e fazer sua disciplina por acaso (ou não), pensava em desistir do curso que eu amo graças a ti! E como diria Alceu, você veio e eu escutei os seus sinais! Que possamos estar sempre juntos! Sempre firmes no que acreditamos e defendemos.

À professora Simone Cardoso e ao professor Artur Andriolo por amadurecerem as ideias do primeiro capítulo durante à qualificação do Mestrado.

Ao Reinaldo Duque e à Carla Ribas, por serem gentis e solícitos e aceitarem fazer parte da banca avaliadora.

Aos amigos do MirmecoLab e do Laboratório de Estudos Bioculturais Mucunã (ou Laboratório de Etnobotânica, ou Laboratório de Sociobiodiversidade, ou Laboratório Moringa Furada... um dia conseguiremos entrar em um consenso rsrs...). Suas mensagens de apoio, ajudas e incentivos são muito importantes para mim!

Aos camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves, em especial ao Piorra e à Margarida, por terem transformado a minha forma de pensar e agir sobre a minha vida e a vida em sociedade. Os períodos de aprendizado que passei com vocês são inexplicáveis. A pureza nas suas palavras se mistura com a força e vontade de vencer em um mundo injusto. Esse trabalho é de vocês e para vocês!

Aos amigos André Guaraldo, João Pablo, Luciana Chedier, Thalita e Matheus Aragão por me ajudarem gentilmente com assuntos técnicos relacionados ao segundo capítulo dessa dissertação.

À CAPES pela bolsa de estudos. Ela foi essencial para me manter em Juiz de Fora e realizar os campos para a coleta de dados. Assim como para mim, muitos estudantes conseguem fazer ciência de qualidade graças a esse programa de financiamento maravilhoso que hoje corre risco. Seguimos resistindo, apesar dos retrocessos políticos no nosso país.

## RESUMO

As representações ambientais de camponeses integrantes de movimentos sociais rurais em relação às formigas cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*) podem estar relacionadas com sua particular familiaridade e formação em agroecologia, implicando diretamente sobre o tipo de método de controle utilizado para reduzir prejuízos agrícolas provocados por esses insetos. Visto que a agroecologia valoriza os saberes populares e que é extremamente necessário que esses conhecimentos sejam reconhecidos, o presente estudo objetivou: (i) investigar a relação entre o perfil socioeconômico e do conhecimento agroecológico dos camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves (ADG), Goianá/MG com as representações ambientais e práticas de controle de formigas cortadeiras; (ii) avaliar, sob condições laboratoriais, o potencial repelente dos extratos urina de vaca à 10%, isopatia e homeopatia de formigas em *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893). Informações sobre a caracterização socioeconômica, do conhecimento agroecológico e sobre os métodos de controle utilizados para o controle de formigas cortadeiras foram registradas em entrevistas semiestruturadas com 80 camponeses entre setembro e dezembro de 2018. Por meio de uma Análise de Correspondência Múltipla (MCA), identificamos uma semelhança entre os perfis de camponeses com mais de 54 anos que nunca estudaram, independentemente do gênero, que relataram não conhecer o termo agroecologia e apresentaram uma representação ambiental negativa sobre a função das formigas no ambiente com o uso iscas químicas como um método de controle. Outra semelhança foi verificada entre os perfis de camponeses mais jovens, que conhecem o termo agroecologia, tiveram acesso à educação, atribuem funções ecológicas positivas para formigas no ambiente e utilizam métodos de controle agroecológico. Posteriormente, realizaram-se dois ensaios experimentais das técnicas agroecológicas mais utilizadas pelos camponeses, ambos analisados através de Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM). No primeiro, para avaliar se os extratos promovem diminuição no fluxo total de operárias de *A. subterraneus*, colônias foram submetidas a forrageamento em uma trilha de plástico demarcada com três segmentos (Pré-Barreira, Barreira e Pós-Barreira, respectivamente), onde no ponto barreira foram aplicados 30 mL dos referidos extratos, contabilizando-se o fluxo total das operárias na rota superior e lateral da trilha em cada segmento durante 1min, a cada 5 min, durante 1h. Observou-se um desvio no fluxo total no segmento barreira para todos os extratos aplicados, que se concentrou na rota lateral, diferente do ocorrido para os demais segmentos, onde o fluxo total de operárias se concentrou sempre na rota superior da trilha para todos os tratamentos. Também foi possível constatar uma menor proporção de folhas transportadas nas trilhas com a aplicação da isopatia.

Já no segundo ensaio, com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação dos extratos na seleção de folhas pelas operárias, adotou-se o sistema de trilha em Y com ramos conectados a uma arena retangular contendo 50 discos foliares, de forma que discos foliares com extratos diferentes ou sem extratos fossem oferecidos simultaneamente. Verificou-se uma menor proporção de discos carregados pelas operárias contendo extratos de urina de vaca e isopatia. Concluímos que a escolaridade, idade e acesso ao conhecimento agroecológico são variáveis que podem influenciar as diferentes percepções e ações em relação aos métodos de controle utilizados no ADG. A isopatia e urina de vaca foram os métodos mais eficientes na repelência de *A. subterraneus*. Atribui-se a efetividade da isopatia à possíveis feromônios de alarme presentes em sua composição. Já na urina de vaca, o odor pode ser o principal agente causador de repelência nas formigas, já que estas apresentam alta sensibilidade à odores químicos. A riqueza e complexidade dos saberes locais aqui retratados reforçam como a Agroecologia pode ser uma poderosa aliada na promoção de uma agricultura ambientalmente sustentável.

**Palavras Chave:** Conhecimento Tradicional. Comportamento Animal. Controle Alternativo. Etnobiologia. Etnoentomologia.

## ABSTRACT

Social movement Peasants' environmental representations in relation to leaf-cutting ants (*Atta e Acromyrmex*) may be related to their particular familiarity with and formation in agroecology, implying directly on the kind of control method used to reduce agricultural losses triggered by these insects. Considering that agroecology values common knowledge, it is extremely necessary that these are recognized. The present study aimed to: (i) investigate the relation between Assentamento Dênis Gonçalves (ADG) peasants' socioeconomic profile and agroecological knowledge with environmental representations and leaf-cutting ant control methods; (ii) evaluate, under laboratory conditions, the repellent potential of extracts, cow urine at 10%, allopathy and homeopathy of ants in *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893). Information about socioeconomic characterization, agroecological knowledge, and control methods for leaf-cutting ants was registered through semi-structured interviews with 80 peasants between september and december 2018. Through a Multiple Correspondence Analysis (MCA) it was identified a similarity between the profiles of older peasants who had never studied, regardless of gender, who do not know about agroecology, these have a negative conception about the ants' function in the environment and use chemical baits as a control method. Another similarity was verified between the profiles of younger peasants who know about agroecology, positively attribute ecological functions for ants in the environment and use agroecological control methods. Furthermore, it was performed two experiments for the agroecological methods most used by the peasants, both analysed through a Generalized linear mixed model (GLMM). on the first one, to evaluate if the extracts promote a reduction in the total flow of *A. subterraneus* workers, colonies were submitted to foraging in a plastic trail demarcated with three segments (Pre-Barrier, Barrier and Post-Barrier, respectively), where in the Barrier it was applied 30mL of the referred extracts, accounting the total flow of workers over and on the side of the trail in each segment during one minute, for each 5 minutes, during 1 hour. It was observed a detour in the total flow in the Barrier segment for all applied extracts, the total flow was concentrated in the side of the trail, differing from the other segments, where the flow concentrated over the the trail for all treatments. It was also possible to verify a lower amount of carried leaves on the trail with isopathy. On the second experiment, with the objective of evaluate the effect of application of the extracts in workers' leaf selection, it was adopted a Y trail system with branches connected to a rectangular arena with 50 leaf discs, in such a way that leaf discs containing cow urine and isopathy extracts were offered simultaneously. It was verified a lower proportion of carried leaf discs for both applications. It

is concluded that schooling, age and access to knowledge promote different environmental representations and actions in relation to the control methods utilized in ADG. The isopathy and cow urine were the most efficient methods of repelling *A. subterraneus*. The effectivity of isopathy is attributed to the possible presence of alarm pheromones in its composition, which are crushed for their preparation. For cow urine, the odor may be the main repellent, in view of the ants' high chemical sensibility. The richness and complexity of traditional knowledge portrayed here reinforce how Agroecology can be a powerful tool allied to promoting an environmentally sustainable agriculture.

**Keywords:** Animal Behavior. Alternative Control. Ethnobiology. Ethnoentomology. Traditional Knowledge.

## RESUMO PARA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

As formigas cortadeiras, também conhecidas como formigas-cabeçadas, são consideradas vilãs na agricultura convencional, pois causam prejuízos bilionários devido ao seu hábito de cortar folhas de diversas espécies de plantas cultivadas pelo ser humano. Porém, sob a perspectiva da agroecologia, a qual propõe métodos de cultivo alternativos, a ocorrência de formigas no ambiente agrícola é vista com bons olhos, visto considerar a importância de todos os organismos para o bem estar do meio ambiente. Assim, espera-se que camponeses que participam de movimentos sociais embasados na proposta agroecológica tenham relações mais positivas sobre as formigas cortadeiras, utilizando métodos de controle distintos daqueles utilizados na agricultura convencional. Levando em consideração a urgência por novas práticas de controle ambientalmente sustentáveis e de que o conhecimento popular adquirido pelos camponeses ao longo de toda a sua trajetória de vida no campo devem ser valorizados, o presente estudo (i) investigou se fatores socioeconômicos (idade, escolaridade, gênero e profissão) e o conhecimento sobre agroecologia interferem nas percepções e nos métodos utilizados para o controle das formigas cortadeiras; e (ii) avaliou a efetividade dos métodos de controle mais citados por estes agricultores (extrato de urina de vaca isopatia e homeopatia de formigas) como produtos repelentes para a espécie *Acromyrmex subterraneus* (quem-quem), em laboratório. Para nosso primeiro objetivo, 80 camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves, Goianá – MG, foram entrevistados para obtenção de dados a respeito do seu perfil socioeconômico, conhecimento sobre agroecologia, percepção sobre as formigas cortadeiras e métodos de controle utilizados. Identificou-se que camponeses mais idosos, que nunca estudaram, independente do sexo e relataram desconhecer o termo agroecologia, possuem opiniões negativas sobre as formigas cortadeiras, utilizando formicidas químicos para controlá-las. Por outro lado, camponeses mais jovens, que tiveram acesso à educação formal e conhecem a agroecologia, consideram a importância ecológica das formigas cortadeiras, utilizando métodos agroecológicos de controle. Já para o segundo objetivo, foram realizados dois experimentos. No primeiro, operárias foram manipuladas para forragear sobre uma trilha artificial preenchida de terra e dividida em três segmentos. No segmento localizado no meio da trilha, aplicamos os extratos e contamos o número de total de formigas que passavam em cada segmento durante 1h, levando em consideração que as formigas poderiam andar na porção superior e na lateral da trilha. Os extratos de isopatia, homeopatia e de urina de vaca promoveram um desvio no fluxo neste segmento, sendo que as operárias não andaram sobre a trilha e sim em sua lateral, diferentemente do que ocorreu nos dois outros segmentos onde os



extratos estavam ausentes. Também foi registrado que o extrato de isopatia, reduziu a proporção de operárias transportando folhas. No segundo experimento, os extratos foram aplicados diretamente sobre os discos foliares, os quais foram oferecidos em duas arenas dispostas ao final de uma trilha em Y. O oferecimento de folhas com e sem extratos repelentes foi dessa maneira feito de forma simultânea, possibilitando avaliar a seleção de folhas com extratos diferentes ou sem extratos quando oferecidos ao mesmo tempo. Verificou-se que discos com extrato de urina de vaca e isopatia foram menos carregados, comprovando-se o efeito repelente de ambos. Atribui-se a repelência da isopatia a presença do feromônio de alarme das operárias, as quais são esmagadas para sua confecção. Já o efeito repelente da urina de vaca é relacionado ao seu odor, já que operárias de formigas apresentam alta sensibilidade à odores químicos. A riqueza e complexidade dos saberes locais aqui relatados reforçam como a agroecologia pode ser uma poderosa aliada na promoção da agricultura ambientalmente sustentável.

**Palavras Chave:** Conhecimento Tradicional, Comportamento Animal, Controle Alternativo, Etnobiologia, Etnoentomologia

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figure 1.** Answers of ADG peasants about what is agroecology for you? The font size represents the frequency of registers. Answers concerning political definitions, environmental meanings and production chain are in red, green and blue respectively. The only definition referring to collective health is in orange. The frequency of answers stating not knowing the term agroecology is in purple. ....32

**Figure 2.** Answers of ADG peasants what is the leaf-cutting ant function in the nature? The ecological functions assigned refer to Soil Aeration (in brown), Incorporation of Organic Matter (in blue), Nutrient Cycling (in red), Food Webs (in green), Economical (in purple), Reforestation (in gray), Weather Forecast (in yellow). In pink it is represented the frequency of statements of not knowing and in black of none function.....34

**Figure 3:** X- and Y-axes represent the first and second dimension (Dim.1 and Dim.2) of the MCA analysis performed on socio-economic-environmental factors and environmental representation about leaf cutting ants data from 80 interviewed peasants. The contour lines display areas of similar sample density, with smaller circles representing peaks in such density. Black dots represent individual interviewees. Variable categorical levels are automatically positioned according to their correlations with such dimensional reduction vectors and with each other. In general, the graph distinguished two profiles, one being in the left region and the other in the right.....36

### CAPÍTULO II

**Fig. 1:** Desenho esquemático do *set up* do Ensaio I, apresentando a localização da colônia experimental, disposição dos segmentos Pré-Barreira, Barreira e Pós-Barreira para o registro do fluxo de operárias e carregamento de folhas e a rota percorrida (lateral ou sobre a trilha) até o recurso alimentar.....63

**Fig. 2:** Desenho esquemático do *set up* do Ensaio II, apresentando a localização da colônia experimental, os ramos direito e esquerdo da trilha em Y, marcações de contagem (pontos fixos) e as arenas contendo discos foliares de *A. wilkesiana*.....64

**Fig. 3:** Fluxo total médio de operárias forrageiras nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira nas rotas superior e lateral da trilha. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo do fluxo total médio de operárias de cada um dos segmentos. Registrou-se que no segmento barreira houve um desvio no fluxo de operárias para a rota lateral da trilha nos tratamentos isopatia e homeopatia.....67

**Fig. 4:** Fluxo total médio de operárias forrageiras nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira nas rotas superior e lateral da trilha. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo do fluxo total médio de operárias de cada um dos segmentos. Registrou-se que no segmento barreira houve um desvio no fluxo de operárias para a rota lateral da trilha no tratamento urina 10%.....68

**Fig. 5:** Taxa de entrega de folhas nos tratamentos controle (+), controle (-), Isopatia e Homeopatia. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da taxa de entrega de folhas. Verificou-se uma menor proporção de operárias transportando fragmentos foliares no tratamento isopatia.....69

**Fig. 6:** Taxa de entrega de folhas dos tratamentos controle (+), Água e extrato de urina 10%. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da taxa de entrega de folhas de cada um dos segmentos. Não houve diferenças no transporte de fragmentos foliares entre os tratamentos.....69

**Fig. 7:** Proporção de carregamento dos discos foliares pelas operárias entre os tratamentos controle, isopatia e homeopatia. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da proporção de discos foliares carregados em cada tratamento. Verificou-se que discos foliares contendo aplicação de isopatia foram proporcionalmente menos carregados quando comparados com o grupo controle.....70

**Fig. 8:** Proporção de carregamento dos discos foliares pelas operárias entre os tratamentos controle e urina de vaca 10%. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da proporção de discos foliares carregados em cada tratamento. Verificou-se que discos foliares contendo aplicação de urina de vaca 10% foram proporcionalmente menos carregados quando comparados com o grupo controle.....71

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

**Table 1** - Theoretical background, reference, and levels of the categorical variables used in Multiple Correspondence Analysis (MCA).....**30**

**Table 2.** Ethnotaxonomic description of leaf-cutting ants genera presented by peasants from Assentamento Dênis Gonçalves, Minas Gerais, Brazil.....**33**

**Supl. 1:** Frequency of citation of leaf-cutting ants control methods cited by respondents from Assentamento Dênis Gonçalves, Minas Gerais, Brazil.....**53**

### CAPÍTULO II

**Supl 1.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias de fluxo total de operárias nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira da trilha nas rotas superior e lateral da trilha. As comparações entre as médias do fluxo total foram executadas entre os tratamentos com aplicação da isopatia, homeopatia e grupos controle na mesma rota e entre as rotas de cada segmento marcado do ensaio experimental I.....**82**

**Supl. 2.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias de fluxo total de operárias nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira da trilha nas rotas superior e lateral da trilha. As comparações entre as médias do fluxo total foram executadas entre os tratamentos com aplicação da urina de vaca 10%, homeopatia grupos controle na mesma rota e entre as rotas de cada segmento marcado do ensaio experimental I.....**83**

**Supl. 3.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias da taxa de entrega de folhas com a aplicação dos extratos isopatia, homeopatia, urina de vaca 10% e os grupos controle registrada no segmento pré-barreira. As comparações entre a taxa de entrega de folhas foram executadas separadamente com o extrato da urina de vaca, que foi comparada com água e com o controle positivo, embora estejam representadas na mesma tabela.....**84**

**Supl. 4.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias da proporções de discos foliares carregados com a aplicação dos extratos isopatia, homeopatia e urina de vaca 10% e os grupos controle nos testes de seleção do ensaio experimental II. As comparações das proporções de discos carregados entre os tratamentos foram feitas separadamente para cada um dos extratos, embora estejam representadas na mesma tabela. Cada número representa uma das 9 combinações realizadas durante os testes de seleção na trilha em Y.....**85**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>17</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>25</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>25</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>26</b>
<b>MATERIAL AND METHODS</b> .....	<b>27</b>
<i>Study area</i> .....	27
<i>Ethnobiological data collection</i> .....	28
<i>Socioeconomic Characterization of the Peasants</i> .....	28
<i>Data analysis</i> .....	29
<i>Ethical and Legal Aspects</i> .....	32
<b>RESULTS</b> .....	<b>32</b>
<i>Agroecological Knowledge of Peasants of Assentamento Dênis Gonçalves</i> .....	32
<i>Knowledge and environmental representation about leaf-cutting ants</i> .....	33
<i>Leaf Cutting Ant Control Methods</i> .....	34
<i>Influence of socio-economic-environmental factors on environmental representation about leaf-cutting ants and control methods used</i> .....	35
<b>DISCUSSION</b> .....	<b>36</b>
<i>Agroecological Knowledge as a tool for recovery and conservation of natural resources in Assentamento Dênis Gonçalves</i> .....	36
<i>Agroecological knowledge is fundamental for the development of new environmental representations about leaf-cutting ants</i> .....	37
<i>Use of commercial toxic baits: Contradiction or Necessity?</i> .....	38
<i>Influence of Age, Schooling, Gender and Profession at the choice of leaf-cutting ant control methods</i> .....	39
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>40</b>

<b>ACKNOWLEDGEMENT</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERENCES</b> .....	<b>41</b>
<b>SUPPLEMENTARY MATERIAL</b> .....	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>58</b>
<b>REPELIR PARA NÃO MATAR: EFICIÊNCIA DE MÉTODOS AGROECOLÓGICOS PARA O CONTROLE DE <i>Acromyrmex subterraneus</i> FOREL, 1893 (HYM., FORMICIDAE) SOB CONDIÇÕES LABORATORIAIS</b> .....	<b>58</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>58</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>61</b>
<i>Espécie de Estudo</i> .....	61
<i>Preparação dos Extratos Agroecológicos</i> .....	61
<i>Ensaio Experimentais</i> .....	62
<b>Ensaio I: Efeito repelente da aplicação de extratos agroecológicos sobre trilhas de forrageamento de <i>Acromyrmex subterraneus</i> (Forel, 1893)</b> .....	<b>62</b>
<b>Ensaio II: Efeito repelente da aplicação de extratos agroecológicos sobre folhas de <i>Acalipha wilkesiana</i> (Euphorbiaceae)</b> .....	<b>63</b>
<i>Análise de dados</i> .....	64
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>65</b>
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>73</b>
<b>MATERIAIS SUPLEMENTARES</b> .....	<b>81</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>85</b>
<b>ANEXO 1: FORMULÁRIO I: CARACTERIZAÇÃO SOCIAL DA (O) PARCEIRA (O) DE PESQUISA</b> .....	<b>86</b>
<b>ANEXO 2 : FORMULÁRIO II: CONHECIMENTO E TÉCNICAS DE CONTROLE/MANEJO DE FORMIGAS CORTADEIRAS</b> .....	<b>87</b>
<b>ANEXO 3: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	<b>88</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Formigas cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*), são consideradas os principais insetos herbívoros neotropicais e destacam-se pelo cultivo e manutenção do fungo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* Möller (Singer) (QUINLAN & CHERRETT., 1978; HÖLLDOBLER & WILSON., 2011). A organização eussocial do grupo faz com que as colônias, contendo milhares de indivíduos, funcionem como um superorganismo, com destaque para o complexo mecanismo de divisão no trabalho das operárias (HART & RATNIEKS 2002., LOPES et al., 2012). A partir de um sofisticado comportamento de forrageamento, esses insetos realizam atividades equivalentes à agricultura humana, já que cortam e incorporam folhas frescas de diversas espécies vegetais para o cultivo do fungo simbiote (DELLA LUCIA et al., 2014). Este por sua vez, é estocado e utilizado na alimentação de todos os membros da colônia (WILSON, 1985; CAMARGO et al., 2007).

Com o advento da agricultura humana, as pessoas passaram a interagir de forma mais intrínseca com as formigas cortadeiras, visto que estas podem causar perdas na produtividade de alimentos destinados à fins comerciais e à alimentação familiar (ALTIERI et al., 1987; ALTIERI, 2004; CABRAL, 2015; BRANSTETTER et al., 2017). O conjunto de experiências e saberes tradicionais acerca desses insetos foram sendo acumulados e transmitidos entre gerações. Assim, são reproduzidos e compõem distintas percepções (ELIAS et al., 2000; COSTA NETO & RODRIGUES, 2005; SASAKI et al., 2010; BOFF et al., 2016).

As múltiplas interações ser humano/formiga/ambiente, seja em âmbitos econômicos, culturais, sociais e/ou místico-religiosos, integram as perspectivas da Etnomirmecologia, uma vertente da Etnobiologia. Ela objetiva compreender como grupos humanos percebem, identificam, classificam, utilizam e conhecem as formigas dentro de cada contexto sociocultural. Mais especificamente, busca investigar como essa relação é externalizada socioculturalmente (POSEY, 1987; LIANG & ZHANG, 2001; JAFF et al., 2015).

Estudos de etnomirmecologia tratam da entomofagia de formigas cortadeiras por povos indígenas e quilombolas (CHOO, 2008; GAHUKAR et al., 2011; COSTA-NETO, 2013; SOLÍS & CASAS, 2019), de descrições etnotaxonômicas (COSTA-NETO & PACHECO, 2005; REÁTEGUI et al., 2018), além de usos para fins medicinais e recreativos (RASTOGI, 2011; ALVES & ALVES, 2011; MEYER-ROCHOW, 2017). Porém, pelo fato do Brasil apresentar a agricultura como principal base econômica e levando em conta a importância econômica das formigas cortadeiras, pode-se afirmar que existe uma relação histórica antagônica entre os agricultores e esses insetos (MONTROYA-LERMA et al., 2012).

Na medida em que a agricultura empresarial foi moldando as diretrizes econômicas do país desde o período Imperial até o apogeu da República, as práticas agrícolas se modernizaram para atender interesses da indústria agroquímica e da moto-mecanização à base de combustíveis fósseis, além de externalizar uma suposta preocupação de produção alimentar para suprir a demanda do crescimento populacional mundial (WILCKEN & FILHO, 1994; Oliveira et al., 2010; ROBLES, 2018).

Para tal, o desmatamento foi intensificado de forma desenfreada para aumentar campos de cultivo, culminando em irreparáveis danos ambientais que contribuíram para o aumento de ninhos de formigas cortadeiras (VASCONCELOS et al., 1995; DELLA LUCIA et al., 2014). Segundo Leal et al. (2014), *Atta* e *Acromyrmex* são adaptadas às modificações e ações antrópicas e tem sucesso na nidificação em áreas abertas como pastagens e grandes plantações de cultivo, já que sobrevivem em solos degradados e nutricionalmente carentes. Além disso, a progressiva eliminação de inimigos naturais no desmatamento também auxiliaram o “boom” populacional das espécies de formigas cortadeiras (PERES FILHO & DORVAL, 2003).

Assim, formigas cortadeiras são consideradas pragas agrícolas no âmbito do Agronegócio, potencializando as percepções e representações negativas acerca do grupo, sendo sua interação com a maioria dos agricultores empresariais limitada à eliminação destas do meio em que vivem (MONTROYA-LERMA et al., 2012). Para se ter uma ideia, a partir de 1900, foram aprovadas medidas legislativas de livre combate às formigas na América Latina (FOWLER et al., 1989). Adicionalmente, houve a promoção de campanhas para diminuir o número de ninhos com o uso de agrotóxicos (MARICONI, 1970), arbitrariamente difundidas com o surgimento dos “pacotes tecnológicos” da Revolução Verde e ascensão do Agronegócio em 1957 (MEEK, 2015).

Consequentemente, o controle das formigas cortadeiras atualmente é realizado por formulações de iscas tóxico-atrativas ou formulações em pó seco à base de sulfluramida, um organofluorado não seletivo e residual (ZANETTI et al., 2014; DE BRITTO et al., 2016). A presença dessa molécula degradada ocasiona na contaminação do solo e de recursos hídricos, provocando a mortalidade de outros invertebrados e peixes (ANTWI et al., 2015; GIBBONS et al., 2015; SCHÄFER, 2019). Também é comprovado o efeito patológico quando em contato com agricultores, causando doenças renais, hepáticas e cancerígenas (ALAVANJA & BONNER, 2012; HERNÁNDEZ et al., 2013; TOFOLO et al., 2014; FANG et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2018; HENDGES et al., 2019; WANG et al., 2019).



Na iniciativa da promulgação de novas alternativas agrícolas que não proporcionem impactos negativos no ambiente, bem como a não utilização majoritária de agrotóxicos em campos de cultivo, a agroecologia surgiu como um movimento político, científico e de conotação contestatória ao agronegócio (ALTIERI, 2010; ALTIERI & TOLEDO, 2011). Ela reintroduz práticas e valores tradicionais de agricultores familiares e camponeses com o intuito de promover uma agricultura socialmente justa, economicamente viável, ambientalmente sustentável e culturalmente sensível (MEEK, 2015; MCCUNE et al., 2017).

O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) apoia essa causa e considera a agroecologia como um modelo de sociedade (CARTER, 2010; ROBLES, 2019; ROSSET et al., 2019). Além da preocupação com a questão ambiental, o MST defende a renegociação nos direitos de propriedade e a redistribuição igualitária de terras no território brasileiro, na tentativa de fomentar um modelo de reforma agrária popular no Brasil (DINIZ & GILBERT, 2013; KAY, 2015; PAHNKE, 2017).

Por pressuposto, é possível que camponeses do MST que seguem os preceitos da agroecologia apresentem representações ambientais diferenciadas quanto as formigas cortadeiras, daqueles que utilizam técnicas convencionais, pelo fato da agroecologia reconhecer as funções ecológicas dos elementos que compõem a biodiversidade agrícola (ALTIERI, 1999; MARTÍNEZ-TORRES et al., 2014; MANDAL, 2015). Assim, espera-se que haja a agregação de soluções mitigadoras dos prejuízos relacionados com a herbivoria das formigas cortadeiras, a partir de ações de manejo com fundamentos agroecológicos nos sistemas de produção. Essa realidade, por sua vez, pode ser influenciada por fatores socioeconômicos e políticos e consequentemente nos processos de uso e manejo da paisagem (CAMPOS et al., 2015; LIERE et al., 2017; SŪMANE et al., 2018; CAMPOS et al., 2019).

Visto que é extremamente necessário que esses conhecimentos sejam reconhecidos e que a agroecologia valoriza os saberes populares, esta dissertação tem como proposta contribuir para a construção coletiva do conhecimento agroecológico, estabelecendo pontes entre os saberes populares de camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves (ADG), Goianá/MG sobre formigas cortadeiras com os saberes acadêmicos.

Para tal, a presente dissertação é composta por dois capítulos. O primeiro, redigido em inglês e submetido à revista *“Ethnobiology and Conservation”*, é um artigo que apresenta viés etnobiológico e que investigou a influência de fatores socioeconômicos e do conhecimento agroecológico na representação ambiental dos camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves a respeito das formigas cortadeiras e dos tipos de métodos de controle utilizados.

Já no segundo capítulo, a redação foi realizada nos formatos da revista *“Agroecology*

*and Sustainable Food Systems*". Nele, foram realizados testes sistematizados, em condições laboratoriais, dos três métodos de controle agroecológicos mais utilizados pelos camponeses do ADG em *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893), com o objetivo de avaliar o potencial repelente destes extratos em relação ao fluxo e forrageamento de operárias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAVANJA, M. C. R.; BONNER, M. R. Occupational pesticide exposures and cancer risk: A review. **Journal of Toxicology and Environmental Health Part B Critical Reviews**, v. 15, n. 1, p. 238-263, 2012.
- ALTIERI, M. A. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2004.
- ALTIERI, M. A.; TOLEDO, V. M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. **Journal of Peasant Studies** v. 38, n. 3, p. 587-612, 2011.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes**, v. 74, n. 1, p. 19-31, 1999.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, Agricultura Camponesa e Soberania Alimentar. **Revista Nera**, v. 13, n. 16, p. 22-32, 2010.
- ALVES, R. R.; ALVES, H. N. The faunal drugstore: Animal-based remedies used in traditional medicines in Latin America. **Journal of Ethnobiology Ethnomedicine**, v.7, n.9, doi:10.1186/1746-4269-7-9, 2011.
- ANTWI, F. B.; REDDY, G. V. P. Toxicological effects of pyrethroids on non-target aquatic insects. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 40, n. 3, p. 915-923, 2015.
- BOFF, P.; GIESEL, A.; BOFF, M. I. C. No-residual baits and farmer perception to manage leaf-cutting ants. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 40, n. 5, p. 451-465, 2016.
- BRANSTETTER, M. G.; JESOVNIK, A.; SOSA-CALVO, J.; LLOYD, M. W.; FAIRCLOTH, B. C.; BRADY, S. G.; SCHULTZ, T. R. Dry habitats were crucibles of domestication in the evolution of agriculture in ants. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 284, n. 1, p. 1-10, 2017.
- CABRAL, D. C. Into the bowels of tropical earth: leaf-cutting ants and the colonial making of agrarian Brazil. **Journal of Historical Geography**, v. 50, n. 1, p. 90-105, 2015.
- CAMARGO, R. S.; FORTI, L. C.; LOPES, J. F.; ANDRADE, A. P. P.; OTTATI, A. L. T. Age polyethism in the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus brunneus* Forel, 1911 (Hymenoptera, Formicidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 131, n. 2, p. 139-145, 2007.
- CAMPOS, J. L. A.; LIMA, A. E.; GAOUE, O. G.; ALBUQUERQUE, U. P. Socioeconomic Factors and Cultural Changes Explain the Knowledge and Use of Ouricuri Palm (*Syagrus*

coronata) by the Fulni-ô Indigenous People of Northeast Peres Brazil. **Economic Botany**, v. 73, n. 2, p. 187-189, 2019.

CAMPOS, L. Z. O.; ALBUQUERQUE, U. P.; PERONI, N.; ARAÚJO, E. L. Do socioeconomic characteristics explain the knowledge and use of native food plants in semiarid environments in Northeastern Brazil? **Journal of Arid Environments**, v. 115, n. 1, 53-61, 2015.

CARTER, M. The Landless Rural Workers Movement and Democracy in Brazil. **Latin American Research Review**, v. 45, n. 4, p. 186-217, 2010.

CASAS REÁTEGUI, R.; PAWERA, L.; PANDURO, P. P.; POLESNY, Z. Beetles, ants, wasps, or flies? An ethnobiological study of edible insects among the Awajún Amerindians in Amazonas, Peru. **Journal of Ethnobiology Ethnomedicine**, v. 14, n. 53 doi:10.1186/s13002-018-0252-5, 2018.

CHOO, J. Potential ecological implications of human entomophagy by subsistence groups of the Neotropics. **Terrestrial Arthropod Reviews**, v. 1, n. 1, p. 81-93, 2008.

COSTA NETO, E. Insects as human food: An overview. **Amazônica**, v. 5; n. 3, p. 562-582, 2013.

COSTA NETO, E. M.; RODRIGUES, R. M. F. R. As formigas (Insecta: Hymenoptera) na concepção dos moradores de Pedra Branca, Santa Terezinha, Estado da Bahia, Brasil. **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa**, v. 37, n. 1, 353-364, 2005.

DE BRITTO, J. L.; FORTI, L. C.; DE OLIVEIRA, M. A.; ZANETTI, R.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C.; LOECK, A. E.; CALDATO, N.; NAGAMOTO, N. S.; LEMES, P.G.; CAMARGO, R. S. Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*. **International Journal of Research in Environmental Studies**, v. 3; n. 2, p. 11-96, 2016

DELLA LUCIA, T. M. C.; Gandra, L.C.; Guedes, R. N. Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. **Pest Management Science**, v. 70, n. 1, p. 14-23, 2013.

DINIZ, A. S.; GILBERT, B. Socialist Values and Cooperation in Brazil's Landless Rural Workers' Movement. **Latin American Perspectives**, v. 40, n. 4, p. 19-34, 2013.

ELIAS, M.; RIVAL, L.; MCKEY, D. Perception and management of cassava (*Manihot esculenta crantz*) diversity among *Makushi amerindians* of Guyana (South America). **Journal of Ethnobiology**, v. 20, n. 2, p. 239-265, 2000.

FANG, J.; LIU, H.; ZHAO, H.; WONG, M.; Xu, S.; CAI, Z. Association of prenatal exposure to organochlorine pesticides and birth size. **Science of The Total Environment**, v. 654, n. 1, p. 678-683, 2018.

FOWLER, H. G.; PAGANI, M. I.; DA SILVA, O. A.; FORTI, L. C.; DA SILVA, V. P.; DE VASCONCELOS, H. L. A pest is a pest is a pest? The dilemma of neotropical leaf-cutting ants: Keystone taxa of natural ecosystems. **Environmental Management**, v. 13, n. 6, p. 671-675, 1989.

GAHUKAR, R. T. Entomophagy and human food security. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 31, n. 3, p.129-144, 2011.

GIBBONS, D.; MORRISSEY, C.; MINEAU, P. A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 1, p. 103-118, 2015.

HART, A. G.; RATNIEKS, F.L. Task partitioning in leaf-cutting ants. **Acta ethologica**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2002.

HENDGES, C.; SCHILLER, A. P.; MANFRIN, J.; MACEDO, E. K.; GONÇALVES, A. C.; STANGARLIN, J. R. Human intoxication by agrochemicals in the region of South Brazil between 1999 and 2014. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 54, n. 4, p. 219-225, 2019.

HERNÁNDEZ, A. F.; GIL, F.; LACASAÑA, M.; RODRÍGUEZ-BARRANCO, M.; TSATSAKIS, A. M.; REQUENA, M.; PARRÓN, T.; ALARCÓN, R. Pesticide exposure and genetic variation in xenobiotic-metabolizing enzymes interact to induce biochemical liver damage. **Food and Chemical Toxicology**, v. 61, n. 1, p. 144-151, 2013.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. The Leafcutter Ants: Civilization by Instinct. **Chicago Journals**, v. 83, n. 3, p. 236-237, 2011.

JAFFE, K.; FLÓREZ, A.; MANZANARES, M.; JAFFE, R.; GOMES, C. M.; RODRÍGUEZ, D.; ACHURY, C. On the bioeconomics of shame and guilt. **Journal of Bioeconomics**, v. 17, n. 2, p. 137-149, 2014.

KAY, C. The Agrarian Question and the Neoliberal Rural Transformation in Latin America. **European Review of Latin American and Caribbean Studies**, v. 100, n. 100, p. 73-83, 2015.

LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. The Multiple Impacts of Leaf-Cutting Ants and Their Novel Ecological Role in Human-Modified Neotropical Forests. **Biotropica**, v. 46, n. 5, p. 516-528, 2014.

LIANG, H. B.; ZHANG, R. Z. An introduction to ethnoentomology. **Entomological Knowledge**, v. 38, n. 4, p. 314-319, 2001.

LIERE, H.; JHA, S.; PHILPOTT, S. M. Intersection between biodiversity conservation, agroecology, and ecosystem services. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 41, n. 7, p. 723-760, 2017.

MANDAL, U. K. Image of Agroecology: Linking Theoretical Perspectives to Empirical Insights in Eastern Terai Region, Nepal. **Journal of the Foundation of Practising Geographers**, v. 19, n. 2, p. 114-121, 2015.

MARICONI, F. A. M. **As saúvas**. 1 ed. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, Brasil, 1970.

MARTÍNEZ-TORRES, M. E.; ROSSET, P. M. Diálogo de saberes in La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology. **The Journal of Peasant Studies**, v. 41, n. 6, p. 979-997, 2014.

MCCUNE, N.; ROSSET, P. M.; CRUZ SALAZAR, T.; MORALES, H. SALDÍVAR

MORENO, A. The Long Road: Rural Youth, Farming and Agroecological Formación in Central America. **Mind, Culture and Activity**, v. 24, n. 3, p. 183-198, 2017.

MEEK, D. The cultural politics of the agroecological transition. **Agriculture and Human Values**, v. 33, n. 2, p. 275-290, 2015.

MEYER-ROCHOW, V. B. Therapeutic arthropods and other, largely terrestrial, folk-medicinally important invertebrates: a comparative survey and review. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 13, n. 1, p. 1 – 31, 2017.

MONTOYA-LERMA, J.; GIRALDO-ECHEVERRI, C.; ARMBRECHT, I.; FARJI-BRENER, A.; CALLE, Z. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. **International Journal of Pest Management**, v. 58, n. 3, p. 225-247, 2012.

NASCIMENTO, R. A.; NUNOO, D. B. O.; BIZKARGUENAGA, E.; SCHULTES, L.; ZABALETA, I.; BENSKIN, J. P.; SPANÓ, S.; LEONEL, J. Sulfloramid use in Brazilian agriculture: A source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment. **Environmental Pollution**, v. 242, n. 1, p. 1436-1443, 2018.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 1-15, 2012.

PAHNKE, A. The Changing Terrain of Rural Contention in Brazil: Institutionalization and Identity Development in the Landless Movement's Educational Project. **Latin American Politics and Society**, v. 59, n. 3, p. 3-26, 2017.

PERES FILHO, O.; DORVAL, A. Effects of granulated formulations of agrochemicals and of sesame leaf and seeds on nests of *Atta sexdens rubropilosa*. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 67-70, 2003.

POSEY, D. **Manejo da floresta secundária: capoeira, campos e cerrados (Kayapó)**. In: RIBEIRO, B (Org.). *Suma etnológica brasileira*. Petrópolis, Vozes, v.1, 1987.

QUINLAN, R. J.; CHERRETT, J. M. Aspects of the symbiosis of the leaf-cutting ant *Acromyrmex octospinosus* (Reich) and its food fungus. **Ecological Entomology**, v. 3, n. 3, p. 221–230, 1978.

RASTOGI, N. Provisioning services from ants: Food and pharmaceuticals. **Asian Myrmecology**, v. 3, n. 1, p. 103-120, 2011.

ROBLES, W. The politics of agricultural cooperativism in Brazil: A case study of the landless rural worker movement (MST). **Journal of Co-operative Organization and Management**, v. 7, n. 1, p. 10-25, 2019.

ROSSET, P. M.; VAL, V.; BARBOSA, L. P.; MCCUNE, N. Agroecology and La Via Campesina II. Peasant agroecology schools and the formation of a sociohistorical and political subject. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 43, n. 8, 895-914, 2019.

SASAKI, L. L. **A percepção sobre as formigas (Hymenoptera: Formicidae) no contexto agroecológico: conhecimentos e práticas dos agricultores familiares do entorno do Parque**

**Estadual da Serra do Tabuleiro, SC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 88p, 2010.

SCHÄFER, R. B. Responses of freshwater macroinvertebrates to pesticides – Insights from field studies. **Current Opinion in Environmental Science and Health**, v. 11, n. 11, p. 1-7, 2019.

SOLÍS, L.; CASAS, A. Cuicatec ethnozoology: traditional knowledge, use, and management of fauna by people of San Lorenzo Pápalo, Oaxaca, Mexico. **Journal of Ethnobiology Ethnomedicine**, v. 15, n. 58, doi:10.1186/s13002-019-0340-1, 2019.

SŪMANE, S.; KUNDA, I.; KNICKEL, K.; STRAUSS, A.; TISENKOPFS, T.; RIOS, I.; ASHKENAZY, A. Local and farmers' knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture. **Journal of Rural Studies**, v. 59, n. 1, p. 232-241, 2018.

TOFOLO, C; FUENTEFRIA, A. M.; FARIAS, F. M.; MACHADO, M. M.; OLIVEIRA, L. F. S. Contributing factors for farm workers' exposure to pesticides in the west of the state of Santa Catarina, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 36, n. 2, p. 153-159, 2014.

VASCONCELOS, H. L.; CHERRETT, J. M. Changes in leaf-cutting ant populations (Formicidae: Attini) after the clearing of mature forest in Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 30, n. 2, p. 107-113, 1995.

WANG, J.; ZENG, X.; BLOOM, M, S.; QIAN, Z.; HINYARD, L. J.; BELUE, R.; LIN, S.; WANG, S.; TIAN, Y.; CHU.; C.; GURRAM, N.; HU, L.; LIU, K.; YANG, B.; FANG, D.; LIU, R.; DONG, G. Renal function and isomers of perfluorooctanoate (PFOA) and perfluorooctanesulfonate (PFOS): Isomers of C8 Health Project in China. **Chemosphere**, v. 218, n. 1, p. 1042-1049, 2019.

WILCKEN, C. F.; BERTI FILHO, E. **Controle biológico de formigas cortadeiras.** Anais III Curso de Atualização no Controle de Formigas Cortadeiras. PCMIP/IPEF, p.1-5, 1994.

WILSON, E. O. **The principles of caste evolution.** In: B. Hölldobler & M Lindauer (Eds.). *Experimental Behavioral Ecology and Sociobiology.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, p. 307-324. 1985.

ZANETTI, R.; ZANUNCIO, J.; SANTOS, J.; SILVA, W.; RIBEIRO, G.; LEMES, P. An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian Forest Plantations. **Forests**, v. 5, n. 3, p. 439-454, 2014.

## CAPÍTULO I

### THE AGROECOLOGY POWER: HOW THE ENVIRONMENTAL REPRESENTATION AND MANAGEMENT OF LEAF-CUTTING ANTS BY PEASANTS FROM ASSENTAMENTO DÊNIS GONÇALVES CAN BE TRANSFORMED

Thiago da Silva Novato<sup>1</sup>; Gustavo Taboada Soldati<sup>2\*</sup>; Juliane Lopes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MirmecoLab, PPG em Ciências Biológicas: Comportamento e Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), CEP: 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brazil

<sup>2</sup>PPG em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), CEP: 52171-900 Recife, PB, Brazil

\* Corresponding author

E-mail addresses: GTS (gtsoldati@gmail.com)

#### ABSTRACT

The relationship between human beings and leaf-cutting ants is secular and emerged along with the agricultural practices for food production. The environmental representation of peasants about leaf-cutting ants may be related to their country life background, implying directly on the control method used by them to reduce agricultural losses. In this context, it was investigated the relationship between the peasants' socioeconomic profile with their environmental representations about leaf-cutting ants and used control methods. Eighty families from Assentamento Dênis Gonçalves (Brazilian Landless Workers' Movement) were interviewed, in order to socioeconomically characterize them and ask if they know the term agroecology, what are leaf-cutting ants, their ecological function and used control method. Two profiles were identified, one composed by older peasants who had never studied, did not know the term agroecology, had a negative conception about leaf-cutting ants' and used commercial formicides. The second profile was constituted by peasants with the opposite characteristics of the first. Agroecology concepts and practices seem to have a high potential to change environmental representations about leaf-cutting ants and used control methods in the studied area. By comprehending the leaf-cutting ants' role in the ecosystem a gradative transition to alternative control methods rather than the commercial ones was observed. This gradual transition enable a better relationship between ADG peasants and leaf-cutting ants. The organic compounds commonly used are clues to the urgent search for a sustainable leaf-cutting ant control method.

Keywords: Ethnobiology; Ethnoentomology; Social Movements; Socioeconomic Factors

## INTRODUCTION

The relationship between humans and leaf-cutting ants is secular and has become more expressive concomitantly with the emergence and modernization of agricultural practices (Altieri et al. 1987; Altieri 2004; Costa Neto and Rodrigues 2005; Cabral 2015; Branstetter et al. 2017). Leaf-cutting ants cause economic damage due to their foraging activity, which consists of cutting fresh leaves of various plant species to grow *Leucoagaricus gongylophorus* Möller (Singer), a symbiotic fungus, which is the food source for the colonies (Schiøtt et al. 2010; Della Lucia et al. 2014).

In Brazil, where agriculture is the main productive chain generating income, the loss caused by these ants is huge and can reach billions of dollars. As consequence, contemporary knowledge of these insects is mostly restricted to their elimination from planting sites, therefore being perceived as pest species, regardless of their ecosystem functions (Montoya-Lerma et al. 2012).

Conventionally, the control of leaf-cutting ants is based on the use of toxic-attractive chemical baits or dry powder applied directly to anthills (Zanetti et al. 2014; de Britto et al. 2016). These chemical control methods are the most widespread in agriculture due to their high efficiency, accessibility and low financial cost (Della Lucia et al. 2014; de Britto et al. 2016). The active ingredient mainly used in pelletized formicides is sulfluramid and Brazil has been the leader in its global production and consumption (Zabaleta et al. 2018). When degraded in soil, sulfluramid transforms into perfluorooctane sulfonate (PFOS), which is bioaccumulative, being incorporated by plants produced for human consumption and persisting in the environment for hundreds of years (Gilljam et al. 2015; Gilljam et al. 2016; Nascimento et al. 2018; Zabaleta et al. 2018).

In conjunction with residues of other pesticides and agrochemicals, there is a contamination of rivers and groundwater, enabling the emergence of “super pests” and mortality of non-target species, which therefore pose risks to ecosystem biodiversity and environmental health (Devine and Furlong 2007; Cordeiro et al. 2010; Reemtsma et al. 2013; Lourençato et al. 2014; Antwi et al. 2015; Gibbons et al. 2015; Schäfer 2019). It has been also pointed out that direct or indirect exposure of farmers and peasants to pesticides increases the propensity to cancer, low birth weight, intoxication, liver and kidney dysfunction and higher cholesterol levels (Alavanja and Bonner 2012; Hernández et al. 2013; Tofolo et al. 2014; Fang et al. 2018; Nascimento et al. 2018; Hendges et al. 2019; Wang et al. 2019).

In contrast to the use of pesticide and their various impacts, the agroecology as a society project advocates a transition in the management and maintenance of agroecosystems through the application of principles that recognize the importance of popular practices and integrate perspectives of ethnobiology (Wezel et al. 2009) Anderson 2011; Saylor et al. 2017; Ollivier et al. 2018). The vast majority of peasants who integrate social movements incorporate values beyond the use of natural resources, respecting the conditioning factors of the ecosystem and setting limits on the exploitation of natural resources (Borsatto 2013).

In this sense, when peasants have an agroecological background, it is expected that the environmental representation about leaf cutting ants includes their ecological role in the maintenance of biosystems. Environmental representation is defined as the interviewed verbalization about its senses and stimuli concerning a set element of biodiversity, that address psychological, cultural and physiological factors (Silva et al. 2010; Silva et al. 2014a). It is a recurrent term adopted as substitute for “perception”



which refers to sensorial aspects and not to the speech of the interviewed (Gumuchian and Marois, 2000).

Some studies reporting crop management by traditional peasants who practice agroecology can be considered as hints that their environmental representation about insects is not restricted to being pests. In Honduras arthropod biodiversity in maize crops is maintained to promote the biological control of *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Wyckhuys and O'Neil 2007). In India, the traditional knowledge about seasonality and life cycle of aphids is a benchmark to choose cultivated species between dry and rainy seasons, to guarantee a higher food production for family subsistence (Singh and Sureja 2006). In Mexico, traditional indigenous knowledge about Meliponinae bees pollination is a local representation used by many tribes to improve fruit production (Ayala et al. 2012). Agroecological knowhow allows the farmers to recognise that excess pests in the crop fields reflects physicochemical imbalances in the soil, encouraging crop rotation (Kremen et al. 2012; Rusch et al. 2013; Wezel et al. 2014).

Also it must be considered that the knowledge and environmental representation of peasants can be influenced by complex socioeconomic profiles that allow understanding the degree of association and integration with biodiversity elements (Abreu et al. 2015; Campos et al. 2015; Liere et al. 2017; Sūmane et al. 2018; Campos et al. 2019).

Thus the environmental representation of peasants who constitute social movements based on the agroecological model, as the Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), may directly imply on the adopted control methods. The present study proposes verifying the relationship between the socioeconomic profile of peasants in the Assentamento Dênis Gonçalves (MST's settlement) and their agroecological comprehension with their environmental representation about leaf-cutting ants and used control method.

## **MATERIAL AND METHODS**

### *Study area*

The study was conducted with peasants living in the Assentamento Dênis Gonçalves (ADG) (-21.574363 S, -43.209851 W), covering four municipalities of Minas Gerais, in the Zona da Mata region. The consolidation of the settlement began in 2013, due to occupations of the MST, the largest and most known social movement in defense of Agrarian Reform in Latin America (Veltmeyer and Petras 2008; Carter 2010). The site has an area of 4213 hectares and houses about 120 families living on family agricultural production in lots with 15 hectares on average.

The region is under the influence of the subtropical climate, defined by hot, rainy summers and dry winters, with an average temperature of 21°C (Taveira 2010). Seasonal Semideciduous Forest characterizes the vegetation type in early and advanced stages of restoration (Carvalho 2018).

Chronologically, from the second quarter of the nineteenth century, the site, which was a large private farm (Fazenda Fortaleza de Sant'Anna), was divided between crop fields and pastures for agricultural activities, where coffee production stood out followed by cattle breeding (Colombo 2007; Guimarães 2009). The history of intensive land use associated with other factors led to the progressive collapse of the production in the region (Vittoretto 2010), resulting in the degradation of the area. This sequence led the old farm to be considered an unproductive land property by the

National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA), a criterion considered to meet the demand for appropriation of the area by the MST, that began in 2010. In this context, the trajectory of anthropic activities at the site favored the constant and massive presence of leaf-cutting ants, considered the most successful and adapted insects in altered neotropical landscapes (Leal et al. 2014).

### *Ethnobiological data collection*

The sample universe consisted of the set of all 120 lots in the Assentamento Dênis Gonçalves, having as reference the responsible person aged eighteen years or older. After presenting the proposed research, it was possible to conduct 80 interviews with local peasants. For each lot visited, one person was interviewed, totaling approximately 70% of the houses. To ensure that key informants participate in the survey and enrich qualitative information, the snowball methodology (Espinosa et al. 2014) was employed. Thus, at the end of each interview, the participant was asked to indicate other residents recognized for having expertise about ants. Fifteen peasants were indicated through this method and thus included in the survey.

The peasants were asked about their relationship with ants, agriculture, environment, employed control practices and agroecological knowledge. Some personal questions were made to define their socioeconomic profile. Data was collected from September to December 2018 using two semi-structured interviews (Silva et al. 2014b), which were both recorded with a digital voice recorder. Also, for the enrichment and filing of information a field diary was employed (Campos et al. 2019).

The first aimed to socioeconomically characterize the peasants, surveying about: (i) age; (ii) gender; (iii) number of residents in each lot; (iv) local of origin; (v) agricultural or non-agricultural activities that guarantee the family's economy; (vi) formal education level; (vii) government public policy; (viii) declared to know the term agroecology or to have heard of it. When positive, a personal definition of agroecology was asked. It is important to highlight that even when the interviewee declared to not know the term agroecology, this did not imply that they do not use this practice. Per capita income was not included as most peasants have no fixed income.

The second interview was designed to investigate the environmental representation about leaf cutting ants. To enrich and to detail local knowledge, a free-listing was used (Cassino et al. 2019) which surveyed about the following topics: (i) ant diversity in the property; (ii) personal opinion about the ants mentioned; (iii) ants' function in the environment; (iv) period of higher ant occurrence in crops; (v) crops most affected by the foraging behaviour of leaf-cutting ants; (vi) used control methods.

### *Socioeconomic Characterization of the Peasants*

The lots' production combines diverse activities for self-consumption, such as planting different varieties of beans, corn and pumpkin, cassava (*Manihot esculenta* Crantz), and raising of pigs and chickens. In addition, there are other income-enhancing practices, such as horticulture, honey production, and beef and dairy cattle raising. The latter is the most widespread, following the history of the region that demands large pasture areas. The historical origin of the peasants is varied and composed by (i) earlier peasants of the Fazenda Fortaleza de Sant' Anna, mostly descendants of enslaved africans; (ii) residents of surrounding cities with rural backgrounds; (iii) migrant families from distant regions with another social and environmental context.

The gender of the 80 interviewees corresponds to 40 men and 40 women, with the majority of respondents (82%) falling under middle age (40 to 60 years) and elderly (60 to 89 years) categories. About 33% of the peasants participate in the “Bolsa Família” Program while 75% received at least one National Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA) grant as a government public policy. Regarding formal education, 72% of interviewees declared incomplete or complete Elementary and High School which was categorized here as Basic Education. About 16% have never frequented a school, while 12% of the peasants have College or Technical formation. Inside the settlement there are two schools for children and teenagers up to sixth grade of Elementary School. At these schools, it is also offered the Education for Teenagers and Adults (EJA) educational program, which encompasses Basic, Elementary and High School levels for students with age over 18 who have never studied or had to interrupt their studies at some point in their lives.

Professional activities directly related to agricultural practices were declared by most peasants (62%), who complement their family income with handicrafts, and production of comfit, bread and sugar cane liquor (“cachaça”). The peasants also stated having jobs at civil construction, automobile sector and other self-employed and/or unwaged jobs in the cities near the settlement.

Assentamento Dênis Gonçalves has no public basic sanitation. Household sewage is generally destined to evapotranspiration pits built by the peasants themselves. The medical care is provided by the Unified Health System (SUS) in the Municipality of Goianá and Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brazil. There are biweekly visits by doctors to consult hypertensive and diabetic peasants. In addition, transport is available for people needing assistance in larger cities in the region.

As a political organization, MST endorse not just the agrarian reform, but also agroecology as a productive and society model, in which sustainable practices are structural politics (Altieri and Toledo 2011; Rosset and Martínez-Torres 2012; Meek 2015; Pahnke 2017; Robles 2019). This was decisive in the choosing of the families from Assentamento Dênis Gonçalves as partners of the present study.

### *Data analysis*

All interviews were transcribed and the peasants’ answers were categorized and grouped in levels within analytic variables. Expressions used by the interviewees regarding definitions and concepts of agroecology were arranged in a word cloud graph. The font size of the expressions represents the frequency which they appear in the peasants’ speeches. The expressions were also differentiated by colors, to represent political, environmental, productive chain and collective health meanings.

To measure how socioeconomic variables and declared agroecological knowledge can influence the environmental representation about leaf-cutting ants and control practices, a Multiple Correspondence Analysis (MCA) was performed, which seeks to draw and spatially visualize the correlation between two or more categorical variables (Kassambara 2017).

The categorization of the interviews generated a database containing 20 categorical explanatory variables from which eight were selected for the MCA analysis (Table 1). The first set is composed by variables that defined the socioeconomical (1-4) and socioenvironmental (5) profile of the peasants, as they integrate the processes that determine the knowledge and management of the environment (Campos et al. 2015; Arruda et al. 2019; Campos et al. 2019). The second set of variables (6-8) were related to the environmental representation about leaf-cutting ants and used control

methods. For each variable, the already categorized answers were grouped in as few levels as possible in order to avoid low frequencies, which could distort the analysis (Husson et al. 2017) (Table 1). Additionally, to verify the level of dependence between the pairs of variables that most contributed to the interpretation of MCA, a chi-square test was performed.

All analyzes were performed on the R 3.6.0 Statistical Program (R Core Team 2019) using the “FactoMineR” packages (Le et al. 2008), “factoextra” (Kassambara and Mundt 2017) “corrplot” (Wei and Simko 2017), “Ggplot2” (Wickham 2016), “ggrepel” (Slowikowski 2018) and “wordcloud2” (Lang and Chien 2018).

**Table 1 - Theoretical background, reference and levels of the categorical variables used in Multiple Correspondence Analysis (MCA)**

Variable	Justification for inclusion of variable	Reference	Model variable name	Levels within the variable
1. Age Class	Older people are more likely to learn about new ant control techniques.	Abreu et al. (2015)	Age	>54 or <54 (age median)
2. Gender	Men are more involved in agricultural practices and make a greater contribution to environmental representations and management practices than women.	Campos et al. (2015)	Gender	F = Female M = Male
3. Profession	Agricultural practices allow for greater contact with biodiversity elements, increasing the likelihood of knowing a greater variety of ant control methods.	Sūmane et al. (2018)	Profession	Rural= Source of income derives from exclusively rural activity.  Services = Source of income derives from non-rural activities.
4. Schooling	Peasants' schooling may determine contact with agroecology.	Rosset et al. (2019)	Schooling	Basic = Elementary and High School completed or not concluded.  No Formal Study = No schooling.  Superior = Post-Graduate, Graduate or Technical Education.

5. Knowledge in agroecology	Knowledge about agroecology meets the logic of conservation of local sociobiodiversity, realizing the ecological role of leaf-cutting ants that live together with the cultivated areas.	Altieri and Toledo (2011)	Agroecology Term Knowledge	No = Does not know the term Agroecology. Yes = Knows the term Agroecology.
6. Opinion about leaf-cutting ants	Positive environmental representation of leaf-cutting ants is expected to be highly correlated with agroecological management.	Liere et al. (2017)	Opinion about Ants	Positive Negative Both
7. Ecological and environmental function of leaf-cutting ants	The agroecological knowledge implies the assimilation of positive role of living organisms in the environment.	Liere et al. (2017)	Ecological Function of Ants	Economical loss = Reports of losses due to the cutting of crops. Soil = Descriptions related to nutrient cycling, soil aeration and organic matter incorporation Food webs = Reports of ants as a food source for other animals. Don't know = Environmental role is unknown.
8. Leaf-Cutting Ants Control Methods Used	The type of method used to pest control is directly related to contact and adherence to agroecological agriculture.	Sūmane et al. (2018)	Control Method	Chemical = Commercial synthetic formicides. Agroecological = Alternative control methods. Both = Both control methods. None = Doesn't perform control.

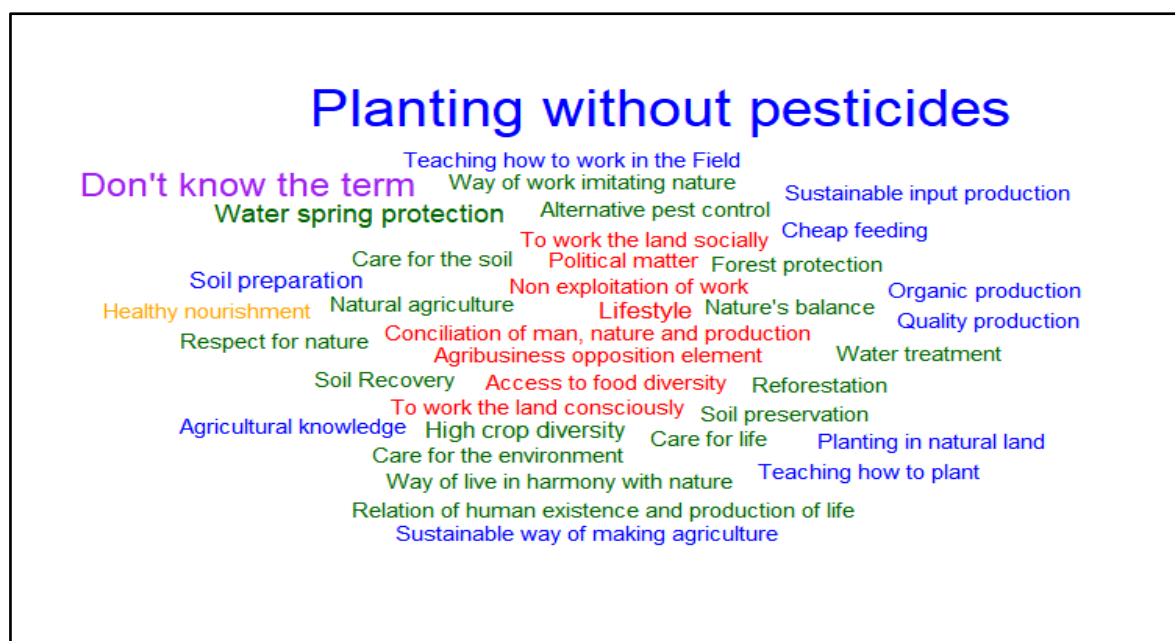
## Ethical and Legal Aspects

All procedures necessary to perform the research were approved by the Ethics Committee on Research with Human Beings of the Federal University of Juiz de Fora (CAAE: 92775618.3.0000.5147, Advice Report Number: 2.906.469). In the field, before each interview, all peasants were informed about the Term of Free and Informed Consent (FICT) to authorize the use of the information provided for the research. According to Ordinance number 378/2018 of the Ministry of the Environment, research with access to Traditional Knowledge, in the context of Law 13.123, must be registered as publication of the second version of the National System of Genetic Heritage Management (Sisgen), no data set yet. In addition to the Brazilian legal aspects, the present study also followed the established ethical precepts that permeate a research in Ethnobiology, synthesized in the Code of Ethics for Ethnobiological Research of the Latin American Society of Ethnobiology (Solae) (Villamar et al. 2018). Also according to Law 13.123 all knowledge systematized and published here are held by the peasants of Assentamento Dênis Gonçalves.

## RESULTS

### *Agroecological Knowledge of Peasants of Assentamento Dênis Gonçalves*

About 70% of the peasants stated to know the term agroecology, and they addressed it with several personal meanings which included political, environmental, productive chain and collective health aspects (Figure 1). Most definitions (55 citations) portrayed the term agroecology as a type of agriculture that does not use pesticides and that worries with the protection of water sources (13 citations).



**Figure 1.** Answers of ADG peasants about what is agroecology for you?. The font size represents the frequency of registers. Answers concerning political definitions, environmental meanings and production chain are in red, green and blue respectively. The only definition referring to collective health is in orange. The frequency of answers stating not knowing the term agroecology is in purple.

### *Knowledge and environmental representation about leaf-cutting ants*

The presence of leaf cutting ants in the properties was unanimous among the peasants, and only two of the interviewees stated that they had no problems with these herbivores. Peasants identified the leaf cutting ants considering the ant color, nest's size and architecture, and also by the impact of foraging on crops. For the vast majority, leaf-cutting ants have the nickname of bigheads (“cabeçuda”) due to the marked big size of their head in comparison to the rest of the body and the well-developed jaws when compared with other ant species. They also differentiated the leaf-cutting ants into two groups, which correspond taxonomically to the genera *Atta* and *Acromyrmex* (Table 2).

**Table 2. Ethnotaxonomic description of leaf-cutting ants genera presented by peasants from Assentamento Dênis Gonçalves, Minas Gerais, Brazil.**

Characteristics	<i>Acromyrmex</i>	<i>Atta</i>
<b>Popular names</b>	Quem-Quem, Xenxém, Formiga de Cisco, raspa-raspa, campista.	Sáúva, limão, batom, cabeça de melado, pasteira, cabeça de vidro.
<b>Features</b>	Tiny ants. Smaller than the saúva ants ( <i>Atta</i> ). Their color ranges from black to brown.	Big ants, bigger than quem-quem ( <i>Acromyrmex</i> ). Their color ranges from dark red to light red. They have characteristics similar to that of a tanajura (queen).
<b>Nest Architecture</b>	The nests are built with dry branches, leaves and loose grains of soil, not reaching so depth in comparison to the saúva ant ( <i>Atta</i> ).	The open nest hole is surrounded by soil. The nests are larger and deeper.
<b>Behavior</b>	These ants mainly cut leaves at night. They cut more leaves than saúva ants ( <i>Atta</i> ).	Nocturnal active ants.

Peasants' environmental representations about leaf-cutting ants were often conflicting, since 52% attributed exclusively negative opinions to the insect. In this scenario, the environmental functions attributed to them were limited to crop cutting and economic losses which compromise the family's agricultural production (Figure 2). On the other hand, 35% perceived ants positively and negatively, imputing both productive damage and ecological functions such as (i) soil aeration, fertilization and humidification; (ii) incorporation of organic matter; (iii) nutrient cycling; (iv) element of food webs (Figure 2). Less widespread but also cited was leaf-cutting ants' usage in entomophagic practices of queens during nuptial-flight periods (five citations) and medicinal procedures for respiratory disease treatment (two citations). Also, some peasants associated leaf-cutting ants' foraging activity and nuptial-flight with the most

favorable period for plant sowing (six citations). The excavated soil above anthills is used to maintain the integrity of stored seeds and also to build bricks (one citation).



**Figure 2.** Answers of ADG peasants what is the leaf-cutting ant function in the nature?. The ecological functions assigned refer to Soil Aeration (in brown), Incorporation of Organic Matter (in blue), Nutrient Cycling (in red), Food webs (in green), Economical (in purple), Reforestation (in gray), Weather Forecast (in yellow). In pink it is represented the frequency of statements of not knowing and in black of none function.

### *Leaf Cutting Ant Control Methods*

The population of the Assentamento Dênis Gonçalves cited 54 different leaf-cutting ant control methods which were grouped in commercial toxic baits (synthetic compounds) and alternative methods (physical and natural compounds) (Supplementary material 1). Those who reported using commercial toxic baits said to apply the baits near the nests, while the powdered formicide is applied inside open nest holes using manual pumps. Five physical control methods for foraging restraint or whole ant colony elimination were cited, such as flooding, manual digging of nests and pitfall traps. Natural compound methods included the use of isopathy (13 citations), animal homeopathy (six citations), plant homeopathy (25 citations), natural plant extracts (six citations) and cow urine (19 citations). All of them stood out as potential repellents and/or reducers of ant-foraging activity. In these cases, the attempt to ensure the coexistence between peasant and these insects was noted (Supplementary material 1). These natural compound methods can be applied over the leaves of the most attacked plants, and/or along the foraging trail and/or directly to the open nest hole. The preparation and application of these products hugely varied, probably according to the personal experience of each peasant. Concomitant planting of repellent species such as rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), clove (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & LM Perry), sesame (*Sesamum indicum* L.), “guandu bean” (*Cajanus cajan* (L.) Huth) and wax gourd (*Benincasa hispida* (Thunb.)) in crop fields was mentioned by 21% of respondents. The last three plant species were reported as lethal to leaf cutting ants (Supplementary material 1).

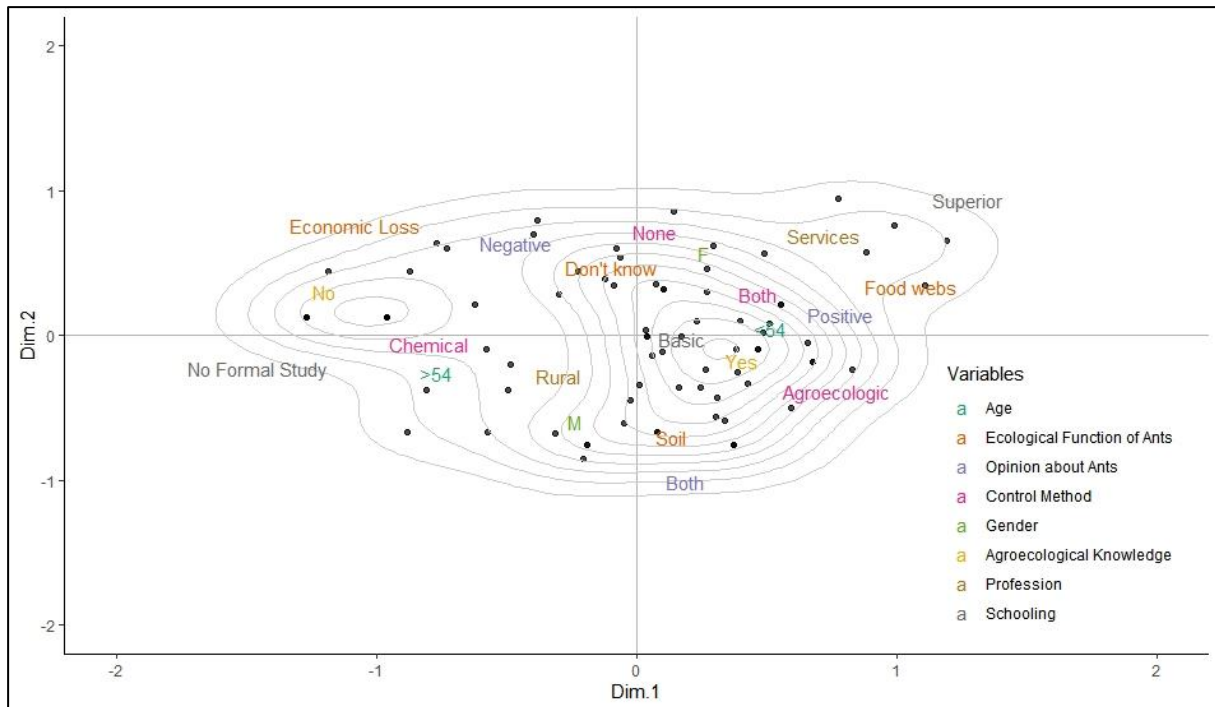


*Influence of socio-economic-environmental factors on environmental representation about leaf-cutting ants and control methods used*

The sum of the first three axes of the multiple correspondence analysis explained 41.6% of the data variation. The variables Agroecological Knowledge, Schooling, Control Method and Age were highly correlated with dimension 1, while the variables Gender, Profession and Opinion about Ants were more closely related to dimension 2. The variable Ecological Function of Ants correlated with both axes. These results indicate that these variables are determining factors in the differentiation of respondent profiles (Figure 3).

In fact, it was verified a profile of peasants over 54 years of age, who do not know agroecology and have never studied who associated ants with economic loss, to the detriment of their ecological importance in the ecosystem, and also use commercial toxic baits to control leaf-cutting ants (Figure 3). On the other hand, the second profile grouped interviewees that were less than 54 years old, with Graduate educational level either completed, in progress or technical formation, know and adopt agroecological control methods, and recognize the role of ants as elements of food webs, considering their important ecological role in the settlement (Figure 3).

Analyzing the dependence of the variables that were most associated with the axes, that is, those that most contributed to find similarities among the peasants' profile, a significant correlation was observed between Agroecological Knowledge with Ecological Function of Ants ( $\chi^2 = 15.80$ ,  $df = 3$ ,  $p$ -value = 0.0012), Schooling ( $\chi^2 = 23.55$ ,  $df = 2$ ,  $p$ -value <0.0001), Age ( $\chi^2 = 14.19$ ,  $df = 1$ ,  $p$ -value <0.0001) and the Control Methods used by the peasants ( $\chi^2 = 16.57$ ),  $df = 3$ ,  $p$ -value <0.001). Data analysis indicated that the majority of peasants who work in the field are male and older than 54 years old, while women under 54 years old act in non-rural activities, given the dependence between the profession variable with gender ( $\chi^2 = 5.29$ ,  $df = 1$ ,  $p$ -value = 0.021) and age ( $\chi^2 = 12.45$ ,  $df = 1$ ,  $p$ -value <0.001). There were no significant associations involving gender and agroecological knowledge ( $\chi^2 = 0.16347$ ,  $df = 1$ ,  $p$ -value = 0.686) nor between the occupation of peasants with the types of leaf-cutting ant control methods ( $\chi^2 = 5.1309$ ,  $df = 3$ ,  $p$ -value = 0.1625).



**Figure 3:** X- and Y-axes represent the first and second dimension (Dim.1 and Dim.2) of the MCA analysis performed on socio-economic-environmental factors and environmental representation about leaf cutting ants data from 80 interviewed peasants. The contour lines display areas of similar sample density, with smaller circles representing peaks in such density. Black dots represent individual interviewees. Variable categorical levels are automatically positioned according to their correlations with such dimensional reduction vectors and with each other. In general, the graph distinguished two profiles, one being in the left region and the other in the right.

## DISCUSSION

### *Agroecological Knowledge as a tool for recovery and conservation of natural resources in Assentamento Dênis Gonçalves*

Peasants from ADG have broad and varied definitions of agroecology, which assume political, environmental, economical and health aspects (Figure 1). This variability may be explained by personal experiences, that shape knowledge through idiosyncrasy (Kloppenburg 1991; Folke 2004; Reyes-García et al. 2014) and by current context. Therefore, peasants with a country background have greater contact with agriculture, accumulating knowledge about agroecology and thus considering it as an alternative agriculture. On the other hand, peasants whose background engages territorial struggles and articulation of new settlements define agroecology on a political scope.

Despite this variability, the agroecological knowledge built by the ADG peasants share common points, mainly agriculture without employment of pesticides, and conservation of water resources (Figure 1). The critical view on indiscriminate use of agrochemicals and pesticides is fundamental, considering that Brazil is the second greater consumer of these resources, and eighth per cultivated area (Pahnke 2017; Pignati et al. 2017). Hence alternative methods of herbivore control, crop rotation, traditional preparation of the soil, biofertilization, and preservation of riparian forests

are all important measures for a rupture with the conventional agriculture system that were mentioned during data collection and have been employed as a priority theoretical reference at MST (Rosset and Martínez-Torres 2012; Wezel et al. 2014; Brzozowski and Mazourek 2018).

Specifically in ADG, the conception of agroecology is probably related with MST's political goal, which employ it as a banner of social resistance and agricultural identity in the settlements. The implementation of the Agroecological Zoning project is reference throughout MST, in spite of particular characteristics for each settlement and of its participative elaboration (Altieri and Nicholls 2012). The Agroecological Zoning project seeks to promote agroecological practices and concepts in the settlements, encouraging the diversification of food production and gradual reduction of monoculture, breaking with the agribusiness model (Patel et al. 2000; Balestro and Sauer 2013; Caporal 2013).

The agroecological model improves the productivity and quality of ADG's crops, promoting agroecosystems resilient to environmental disturbances. Recognizing the importance of conservation and restorment of natural resources, assure an environmentally sustainable production, and drive the food sovereignty and safety in ADG, guaranteeing the peasants' life quality (Wittman 2010; Chappell and Lavelle 2009; Foley et al. 2011; Letourneau et al. 2011; Ratnadass et al. 2012; Tschardt et al. 2012; Edelman 2014; Sage 2014).

The agroecological knowledge of ADG peasants, when analyzed collectively, revealed a rich and complex discourse that comprehends agroecology as a major political and society project, as defined by Wezel and collaborators (2009).

*Agroecological knowledge is fundamental for the development of new environmental representations about leaf-cutting ants.*

From an utilitarian perspective (Berlin 1992), it is comprehensible why peasants consider leaf-cutting ants highly threatening, reflecting a negative environmental representation about them. The agricultural damage derived from the herbivorous action of leaf-cutting ants affect the economical income of peasants. Peasants know and differentiate between *Atta* and *Acromyrmex*, probably due to this economical importance, stating their morphological, ecological and behavioral characteristics that correspond to the taxonomic classification of the two genera. When the knowledge is linked to the survival and economic factors of human populations, it has a material/utilitarian background and it is therefore more easily disseminated and transmitted across generations (da Silva et al. 2017). This negative environmental representation about leaf-cutting ants agrees with that of other pest insects in different traditional communities around the world (Berlin 1992; Si and Turpin 2015; Ulicsni et al. 2016).

A historical negative relationship between peasants and leaf-cutting ants may have been fostered by economically limited views of the ants' importance in the environment, as evidenced by Mariconi's (1970) famous phrase: "either Brazil terminates the ants, or the ants will terminate Brazil" ("ou o Brasil acaba com as formigas, ou as formigas acabarão com o Brasil") and also by the irony of Mario de Andrade (1928): "Poor health and much *saúva*, Brazil's ills are" ("Pouca saúde e muita saúva, os males do Brasil são"). Such historical relationship probably exerted a great influence in shaping negative environmental representations that humans developed over time about leaf-cutting ants (Serna and Correa 2003; Costa Neto and Rodrigues 2005; Boff et al. 2011), as recorded in the present study.

However, agroecological knowledge may operate by changing these paradigms in ADG. It is noteworthy that one of the peasants associated the high density of nests in their lot with a high environmental degradation level, revealing that they recognize that something is out of natural order. In fact, density of leaf-cutting ant nests and foraging rate are higher in potentially degraded areas (Montoya-Lerma et al. 2012; Leal et al. 2014; Swanson et al. 2019). Also, peasants who declared to know the term agroecology were those with positive environmental representations about leaf-cutting ants, listing their roles in aeration, fertilization, humidification, incorporation of organic matter and nutrient cycling in the soil and also as an important element of food webs.

These positive associations lead to the belief that agroecological knowledge broadens the environmental representation about leaf-cutting ants, allowing the recognition of their role in the ecosystem. Agroecology as a practice and life style should be seen as promising for better crop field management, including the reduction of ant nest density and therefore maintaining homeostasis in the productive systems of the peasants.

Agroecological control practices reduce the herbivorous impact of the leaf-cutting ants, as the cultivated area is closer to a natural environment. Thus the need for leaf-cutting ants' control is reduced and their density is kept below the baseline for economical loss by using alternative control methods. Indeed, a huge number of non-commercial control methods have been cited to contain the ants' cutting activity without necessarily eliminating them (Supplementary material 1). The peasants who declared to use alternative control methods also knew the term and presented definitions of agroecology.

#### *Use of commercial toxic baits: Contradiction or Necessity?*

Despite the alternative methods cited by the interviewees, there were frequent reports of the use of commercial toxic formicides in ADG (Supplementary material 1), what might look like a potential contradiction between speech and action. However, one should consider that agricultural practices and values are directly dependent on socioeconomical aspects (Petersen et al. 2012; McCune et al. 2014; Meek 2015). Such aspects are determinant in the constructive processes of identity, territoriality, life corridors, local economy and maintenance of the biodiversity of a region inhabited by Social Movements (Escobar 1998; Miranda 2013) and explain the obtained results.

According to Barcellos (2009), although the peasants want an agroecological management of natural resources and act in a social and participative way, the socioeconomic and political context are barriers that impose a conventional agricultural production similar to the agribusiness model. So, as MST's peasants have low incomes and initially rely on public policies such as "Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar" (PRONAF) as a financial assistance during the agroecological establishment process, some ADG families, do not have any option other than to take urgent measures to maintain their agricultural production, even if they follow agroecological values. The use of commercial toxic baits to control leaf-cutting ants is currently the only envisioned method, as their effects are immediate and highly efficient (Forti et al. 2003; de Britto et al. 2016). Thus, these herbivores become the major bottleneck of agroecological production.

We also highlight the importance of the establishment of public policies to guarantee the implementation of settlements. In Brazil, the Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), which is the federal agency responsible for land colonization and agrarian reform, has lost strength since 2016 and is practically

inoperative (Robles 2019). In consequence, fundamental incentives for peasants, such as the previously mentioned “PRONAF” and also the “Fomento Mulher” program (financial credit line made available in recognition of the importance of the productive work of women in the agrarian reform), is not received by the vast majority of the families. Thus, the political articulations between the MST leaders and the Brazilian government managers are extremely compromised, and financing for the land sector is broken. Unfortunately, while these political obstacles, coupled with the current criminalization and harassment of the MST, do not reverse, the purpose of the movement itself gives rise to a struggling effort for survival and dignity of the peasants (Robles 2019).

It is noteworthy that the practical efforts for the insertion of agroecology in ADG are being improved and evaluated, as is the MST itself and its organicity (Ferguson and Morales 2010; Meek 2014; Intriago et al. 2017; Rosset et al. 2019). It is observed that ADG is in the Agroecological Transition phase, which aims to increase the productivity of cultivated plants for self maintenance and as source of income to the families. It is usual for young settlements to be in this phase, specifically in its first step, called “Efficiency” (Wezel et al. 2014; Gliessman 2016), in which the cautious use of pesticides and chemical fertilizers is accepted in order to assist the primary production in heavily degraded areas. The pesticide usage by peasants helps us to understand that agroecology recognizes that the application of its principles depends on the different realities experienced by those who execute it, and, moreover, it is a process that requires time in both management and redesign of agroecosystems (Martínez-Torres and Rosset 2014; Meek 2015; Duru et al. 2015; Runhaar 2017; Ollivier et al. 2018).

#### *Influence of Age, Schooling, Gender and Profession at the choice of leaf-cutting ant control methods*

The verified interdependence between the characteristics higher age, lower schooling and unfamiliarity about the term agroecology with the use of commercial toxic formicides could be assigned to their country background. In general, older people commonly had less access to academical or technical education (Timmermann and Félix 2015) and consequently with the formal definition of agroecology, despite having valuable popular knowledge that is recognised and valued in agroecology. Also, they experienced the implementation of the “technological package” of customs and practices of the Green Revolution, turning them more resistant to change their usual agricultural techniques (Meek 2015), which include using commercial formicides.

The Brazilian country background can be characterised by an uneven distribution of land, miserable work conditions for peasants, low levels of schooling, lack of information, dependence of pesticides, lack of interest of the young for agriculture and consequent migration to urban centers (Guimarães 1977; Brumer 2008; Meek 2015; Duong et al. 2019).

On the other hand, the verified relationship between younger people, higher schooling and familiarity about the term agroecology with the use of alternative leaf-cutting ant control methods may be a reflex of the socioeducational and agroecological precepts of the MST settlement here investigated. In ADG, the settlement leaders provide theoretical and practical courses in agroecology to the community. The academic formation of younger peasants is also facilitated by the two schools inside the settlement, that reinforce agroecology along basic education showing the reality and goals of this agricultural lifestyle, which can deconstruct the negative

environmental representation about leaf-cutting ants. It is also important to highlight the effect of the “Educação de Jovens e Adultos” (EJA) in the obtained results. This educational program allows a return to formal studies for peasants who above the appropriate age and wish for sharing knowledge and strengthen the agroecological ideals defended by MST.

In fact, the educational processes promoted by Social Movements in South America are linked to a great society project (Barbosa 2016; Barbosa and Rosset 2017). In Brazil, the “Educação de Campo” project has gained force inside MST since the 80s decade, as a political pedagogical model with the objective to form critical and politically active peasants, claiming education as a right of the rural population (Molina and Freitas 2011; Tarlau 2015; Barbosa 2016; Barbosa and Rosset 2017). This pedagogical model opposes the model applied at traditional public schools, which are not fit to a peasant lifestyle (Rosset et al. 2019). This reformulated formal education promotes conducts, behaviors and environmental representations with agroecological basis (Tofolo et al. 2014; Mazon and Souza 2015; McCune et al. 2017).

High schooling level stands out as a variable with high correlation with that of attributing ecological functions to the ants and of adopting alternative leaf-cutting ant control methods. Schools of MST, which are based at Paulo Freire’s assumption that emancipation is an endeavour of education (Caldart 2004), were initially dedicated to revert the peasants’ illiteracy and guarantee the permanence of youngsters in rural zones (Tarlau 2013; Thapliyal 2013; Barbosa 2016). Currently MST has 2000 municipal and state educational institutions that add agroecology in the curriculum at theoretical, technical, practical and political levels since Basic Education until Higher Education, being the latter promoted by Federal Public Universities.

In contrast to other studies, that show the male gender as the one with more access to knowledge and use of biodiversity at rural economic practices (Paniagua-Zambrana et al. 2014; Arévalo-Marín et al. 2015; Campos et al. 2019), it was not verified a significant relationship of gender with familiarity about the term agroecology or with the use of alternative leaf-cutting ant control methods. In ADG, social, pedagogical, administrative and agricultural roles were attributed to women, in spite of the high frequency of non-rural activities reported for them. It is suggested that the effort of MST to counteract the historical omission of the women’s knowledge about rural practices in the Brazilian agrarian field (Schwendler and Thompson 2016; Schwaab et al. 2019). The transmission of knowledge and equal rights embraced in feminism are fundamental to breaking rooted paradigms about the division of labor by gender (Lunelli et al. 2016; Schwendler and Thompson 2016; Conway 2018) and is one of the MST struggles.

## CONCLUSION

The analysis of the discourse of the ADG peasants revealed two main profiles, one constituted by peasants with more than 54 years-old, low schooling level, unfamiliar with the term agroecology who stated a negative environmental representation about leaf-cutting ants and use commercial toxic baits for ant control. The second profile was constituted by peasants with the opposite characteristics of those listed. These different profiles are the reflex of different historical, political and educational backgrounds of the peasants. It is highlighted that as MST is a social movement, sociopolitical aspects cannot be ruled out, as they also directly influence the peasants’ socioeconomic status. Clearly, ADG is a young settlement and is still at the technical and structural establishment phase.

Agroecological concepts and practices seem to have a high potential to change environmental representations and control methods of leaf-cutting ants, as agroecology conceives agriculture in harmony with the environment and encourage the reduction of off-farm inputs. By comprehending the leaf-cutting ants' role in the whole ecosystem a gradative transition to alternative control methods rather than the commercial ones was observed in the present study. This gradual transition may enable a better relationship between ADG peasants and leaf-cutting ants.

The presence and reports of agricultural damage caused by leaf-cutting ants was unanimous within the ADG peasants, and the search for control methods which follow agroecology precepts is urgent. In this context, the evaluation of the peasants' leaf-cutting ant control methods, which are based in natural compounds, is a pathway to find a sustainable crop production, with the maintenance of leaf-cutting ant damage below the economic baseline.

## ACKNOWLEDGEMENT

We warmly thank the peasants from Assentamento Dênis Gonçalves for their receptivity and affection during the field research, for the bonds of love created and for the exchange of experiences. We also thank the Pos-Graduate Program in Biological Sciences: Animal Biology and Behavior for assisting with the cost for publishing this article, which is essential to internationally spread important social issues in Brazil. A special thanks to Arthur Zimerer for the discussion and english editing during the review of the manuscript and to the three anonymous reviewers whose comments were essential to improve the article quality. Finally, we thank CAPES for their resilience and strength in enabling academic research by the concession of a Master Degree scholarship to TSN in a country where science is not valued.

## REFERENCES

Abreu DBO, Santoro FR, Albuquerque UP, Ladio AH, Medeiros PM (2015) **Medicinal plant knowledge in a context of cultural pluralism: A case study in Northeastern Brazil.** *Journal of Ethnopharmacology* 175: 124-130

Alavanja MCR, Bonner MR (2012) **Occupational pesticide exposures and cancer risk: A review.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B Critical Reviews* 15: 238-263

Altieri MA (2004) **Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture.** *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(1): 35-42

Altieri MA, Anderson MK, Merrick LC (1987) **Peasant Agriculture and the Conservation of Crop and Wild Plant Resources.** *Conservation Biology* 1(1):49-58

Altieri MA, Nicholls CI (2012) **Agroecology scaling Up for Food Sovereignty and Resiliency.** *Sustainable Agriculture Reviews* doi:10.1007/978-94-007-5449-2\_1

Altieri MA, Toledo VM (2011) **The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants.** *Journal of Peasant Studies* 38(3): 587-612

Anderson EN (2011) **Ethnobiology and Agroecology**. In: Anderson EN, Pearsall DM, Hunn ES, Turner NJ (eds) *Ethnobiology*. 1 ed. Wiley-Blackwell, United States of America, pp. 305-318

Antwi FB, Reddy GVP (2015) **Toxicological effects of pyrethroids on non-target aquatic insects**. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 40(3): 915-923

Arévalo-Marín E, Lima JRF, Palma ARTP, Lucena RFP, Da Cruz DD (2015) **Traditional Knowledge in a Rural Community in the Semiarid Region of Brazil: Age and gender patterns and their implications for plant conservation**. *Ethnobotany Research and Applications* 14: 331-344

Arruda HLS, dos Santos JFO, Albuquerque UP, Ramos MA (2019) **Influence of Socioeconomic Factors on the Knowledge and Consumption of Firewood in the Atlantic Forest of Northeast Brazil**. *Economic Botany* 73(1): 1-12

Balestro MV, Sauer S (2013) **A diversidade no rural, transição agroecológica e caminhos para a superação da Revolução Verde: introduzindo o debate**. In: Balestro MV, Sauer S (eds) *Agroecologia e os desafios da Transição Agroecológica*. 2 ed. Expressão popular, São Paulo, pp. 7-15

Barbosa LP (2016) **Educação do Campo [Education for and by the countryside] as a political project in the context of the struggle for land in Brazil**. *The Journal of Peasant Studies* 44(1): 118-143

Barbosa LP, Rosset PM (2017) **Movimentos sociais e educação do campo na América Latina: Aprendizagens de um percurso histórico**. *Revista Práxis Educacional* 13(26): 22-48

Barcellos SB (2009) **A formação discursiva agroecológica do MST: O caso do assentamento Santa Rosa - RS**. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4(2): 2059-2062

Berlin B (1992) **Ethnobiological classification. Principles of categorization of plants and animals in traditional societies**. 1 ed. Princeton University Press, Princeton, EUA

Boff MIC, Giesel A, Fernandes P, Boff P, Rosa JM (2011) **Percepção dos agricultores em relação as formigas cortadeiras no Planalto Serrano Catarinense**. *Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia* 6(2): 1-5

Borsatto RS, Carmo MS (2013) **A construção do discurso Agroecológico no Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST)**. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 51(4): 645-660

Branstetter MG, Jesovnik A, Sosa-Calvo J, Lloyd MW, Faircloth BC, Brady SG, Schultz TR (2017) **Dry habitats were crucibles of domestication in the evolution of agriculture in ants**. *Proceedings of the Royal Society B* 284: 1-10



Brumer A (2008) **Gender Relations in Family-Farm Agriculture and Rural-Urban Migration in Brazil.** *Latin American Perspectives* 35(6): 11-28

Brzozowski L, Mazourek M (2018) **A Sustainable Agricultural Future Relies on the Transition to Organic Agroecological Pest Management.** *Sustainability* 10(6):1-23

Cabral DC (2015) **Into the bowels of tropical earth: leaf-cutting ants and the colonial making of agrarian Brazil.** *Journal of Historical Geography* 50: 90-105

Caldart RS (2004) **Pedagogia do Movimento Sem-Terra.** 1 ed. Expressão Popular, São Paulo, Brasil

Campos JLA, Feitosa IS, Albuquerque UP (2019) **Population Ecology of Plant Species Subjected to Extractivism: Collection and Data Analysis Methods.** In: Albuquerque UP, Cunha LVFC, Lucena RFP, Alves RRN, (eds). *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology.* 2ed. Humana Press, Recife, pp. 293-307

Campos JLA, Lima AE, Gaoue OG, Albuquerque UP (2019) **Socioeconomic Factors and Cultural Changes Explain the Knowledge and Use of Ouricuri Palm (*Syagrus coronata*) by the Fulni-ô Indigenous People of Northeast Brazil.** *Economic Botany* 73(2): 187-189

Campos LZO, Albuquerque UP, Peroni N, Araújo EL (2015) **Do socioeconomic characteristics explain the knowledge and use of native food plants in semiarid environments in Northeastern Brazil?** *Journal of Arid Environments* 115: 53-61

Caporal FR (2013) **Em defesa de um Plano Nacional de Transição Agroecológica: compromisso com as atuais e nosso legado para as futuras gerações.** In: Balestro MV, Sauer S (eds) *Agroecologia e os desafios da Transição Agroecológica.* 2 ed. Expressão popular, São Paulo, pp. 261-303

Carter M (2010) **The Landless Rural Workers Movement and Democracy in Brazil.** *Latin American Research Review* 45(4): 186-217

Carvalho NMA (2018) **Entre Fazenda Fortaleza de Sant'Anna e Assentamento Dênis Gonçalves.** MSc. dissertação, Universidade Federal da Bahia 368 p. Dissertação de Mestrado. Bahia: Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil

Cassino MF, Alves RP, Levis C, Watling J, Junqueira AB, Shock MP, Ferreira MJ, Andrade VLC, Furquim LP, Coelho SD, Tamanaha EK, Neves EG, Clement CR (2019) **Ethnobotany and Ethnoecology Applied to Historical Ecology.** In: Albuquerque UP, Cunha LVFC, Lucena RFP, Alves RRN, (eds). *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology.* 2ed. Humana Press, Recife, pp. 187-208

Chappell MJ, LaValle L (2009) **Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis.** *Agriculture and Human Values* 28(1): 3-26

Colombo AV, Barbosa CHR (2007) **História e Patrimônio na Fazenda da Fortaleza de Sant'Anna.** In: Silva WD (ed). *Aspectos Históricos e Culturais do Município de Goianá.* 1ed. Compact Disc, Viçosa, pp.30-40

Conway JM (2018) **When food becomes a feminist issue: popular feminism and subaltern agency in the World March of Women.** *International Feminist Journal of Politics* 20(2): 188-203

Cordeiro EMG, Corrêa AS, Venzon M, Guedes RNC (2010) **Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*.** *Chemosphere*, 81(10): 1352-1357

Costa Neto EM, Rodrigues RMFR (2005). **As formigas (Insecta: Hymenoptera) na concepção dos moradores de Pedra Branca, Santa Terezinha, Estado da Bahia, Brasil.** *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* (37): 353-364

Da Silva RH, De Medeiros PM, Júnior WSF, Albuquerque UP (2017) **Human mnesic performance in a survival scenario: the application of the adaptive memory concept in ethnobiology.** *Ethnobiology and Conservation* 6(9): 1-6

De Andrade M (1928) **Macunaíma o herói sem nenhum caracter.** 1 ed. Oficinas Gráficas de Eugenio Cupolo, São Paulo, Brasil

De Britto JL, Forti LC, De Oliveira MA, Zanetti R, Wilcken CF, Zanuncio JC, Loeck AE, Caldato N, Nagamoto NS, Lemes PG, Camargo RS (2016) **Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*.** *International Journal of Research in Environmental Studies* 3(2):11-96

Della Lucia TMC, Gandra LC, Guedes RN (2014) **Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges.** *Pest Management Science* 70(1): 14-23

Devine GJ, Furlong MJ (2007) **Insecticide use: Contexts and ecological consequences.** *Agriculture and Human Values* 24(3): 281-306

Duong T, Brewer T, Luck J, Zander K (2019) **A Global Review of Farmers' Perceptions of Agricultural Risks and Risk Management Strategies.** *Agriculture* 9(1): 1-16

Duru M, Therond O, Fares M (2015) **Designing agroecological transitions; a review.** *Agronomy for Sustainable Development* 35(4): 1237-1257

Edelman M (2014) **Food sovereignty: forgotten genealogies and future regulatory challenges.** *The Journal of Peasant Studies* 41(6): 959-978

Escobar A (1998) **Whose Knowledge, Whose nature? Biodiversity, Conservation, and the Political Ecology of Social Movements.** *Journal of Political Ecology* (5): 53-82

Espinosa MM, Bieski IGC, Martins DTO (2014) **Sampling in Ethnobotanical Studies of Medicinal Plants.** In: Albuquerque UP, Cunha LVFC, Lucena RFP, Alves RRN, (eds) *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology.* 1ed. Humana Press, Recife, pp.197-212

Fang J, Liu H, Zhao H, Wong M, Xu S, Cai Z (2018) **Association of prenatal exposure to organochlorine pesticides and birth size.** *Science of The Total Environment* 654: 678-683

Ferguson BG, Morales H (2010) **Latin American Agroecologists Build a Powerful Scientific and Social Movement.** *Journal of Sustainable Agriculture* 34(4): 339-341

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Mueller ND, O'Connell C, Ray DR, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstro J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D, Zacks DPM (2011) **Solutions for a cultivated planet.** *Nature* 478 (7369): 337-342

Folke C (2004) **Traditional Knowledge in Social–Ecological Systems.** *Ecology and Society* 9(3): 1-7

Forti LC, Nagamoto NS, Ramos VM, Andrade APP, Lopes JFS, Camargo RS, Moreira AA, Boaretto MAC (2003) **Eficiencia de sulfluramida, fipronil y clorpirifos como sebos en el control de Atta capiguara Gonçalves (Hymenoptera: Formicidae).** *Pasturas Tropicales* 25: 28-35

Gibbons D, Morrissey C, Mineau P (2015) **A review of the direct and indirect effects of neonicotinoids and fipronil on vertebrate wildlife.** *Environmental Science and Pollution Research* 22(1): 103-118

Gilljam JL, Leonel J, Cousins IT, Benskin JP (2015) **Is ongoing Sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctane sulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence.** *Environmental Science & Technology* 50: 653-659

Gilljam JL, Leonel J, Cousins IT, Benskin JP (2016) **Additions and correction to is on going Sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production inventories, environmental fate, and local occurrence.** *Environmental Science & Technology* 50: 7930-7933

Gliessman S (2016) **Transforming food systems with agroecology.** *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40(3): 187-189

Guimarães AP (1977) **Quatro séculos de latifúndio.** 4 ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro, Brasil

Guimarães ES (2009) **Economia autônoma de escravos nas grandes fazendas cafeeiras do sudeste.** *América Latina en la Historia Económica* 32: 155-187

Hendges C, Schiller AP, Manfrin J, Macedo EK, Gonçalves AC, Stangarlin JR (2019) **Human intoxication by agrochemicals in the region of South Brazil between 1999 and 2014.** *Journal of Environmental Science and Health* 54(4): 219-225

Gumuchian HE, Marois C (2000) *Initiation a la recherche en géographie, aménagement, développement territorial, environnement.* Anthropos, Paris (Montreal: Presses del 'Université de Montréal)

Hernández AF, Gil F, Lacasaña M, Rodríguez-Barranco M, Tsatsakis AM, Requena M, Parrón T, Alarcón R (2013) **Pesticide exposure and genetic variation in xenobiotic-metabolizing enzymes interact to induce biochemical liver damage.** *Food and Chemical Toxicology* 61: 144-151

Husson F, Sebastien L, Jérôme P (2017) **Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R**. 2nd ed. Boca Raton, Florida: Chapman Hall/CRC

Intriago R, Gortaire Amézcuca R, Bravo E, O'Connell C (2017) **Agroecology in Ecuador: historical processes, achievements, and challenges**. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41: 311–328

Kassambara A (2017) **Multiple Correspondence Analysis**. In: Kassambara A (eds) *Practical Guide To Principal Component Methods in R (Multivariate Analysis Book 2)*. 1 ed. Sthda.com, pp. 83-106

Kassambara A, Mundt F (2017) **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.5, Available from [<https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>] Accessed 04 September 2019

Kloppenburg J (1991) **Social Theory and the De/Reconstruction of Agricultural Science: Local Knowledge for an Alternative Agriculture**. *Rural Sociology* 56(4):519-548.

Kremen C, Iles A, Bacon C (2012) **Diversified Farming Systems: An Agroecological, Systems-based Alternative to Modern Industrial Agriculture**. *Ecology and Society* 17(4): 44

Lang D, Chien G (2018) **wordcloud2: Create Word Cloud by 'htmlwidget'**. R package version 0.2.1. Available from [<https://CRAN.R-project.org/package=wordcloud2>]. Accessed 24/01/2020

Le S, Josse J, Husson F (2008) **FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis**. *Journal of Statistical Software* 25(1): 1-18

Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2014) **The Multiple Impacts of Leaf-Cutting Ants and Their Novel Ecological Role in Human-Modified Neotropical Forests**. *Biotropica* 46(5): 516-528

Letourneau DK, Ambrecht I, Rivera BS, Lerma JM, Carmona EJ, Daza MC, Escobar S, Galindo V, Gutiérrez C, López SD, Mejía JL, Rangel AMC, Rangel JH, Rivera L, Saavedra CA, Torres AM, Trujillo AR (2011) **Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review**. *Ecological Applications* 21:9-21

Liere H, Jha S, Philpott SM (2017) **Intersection between biodiversity conservation, agroecology, and ecosystem services**. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41(7): 723-760

Lourençato LB, Favaretto N, Hansel FA, Scheer AP, Junior LFLL, Souza LCD, Dieckow J, Buch AC (2014) **Effects on Water Quality of Pesticide use in Farmland Under Intensive Soil Management in Southern Brazil**. *International Journal of Plant and Soil Science* 5(3): 155-166

Lunelli NP, Ramos MA, Oliveira Júnior CJF (2016) **Do gender and age influence agroforestry farmers' knowledge of tree species uses in an area of the Atlantic Forest, Brazil?** *Acta Botanica Brasilica* 30(4): 667-682

Mariconi FAM (1970) **As saúvas**. 1 ed. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, Brasil

Martínez-Torres ME, Rosset PM (2014) **Diálogo de saberes in La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology** María. *The Journal of Peasant Studies* 41(6): 979-997

McCune N, Reardon J, Rosset P (2014) **Agroecological formación in rural social movements**. *Radical Teacher* 98: 31-37

McCune N, Rosset PM, Cruz Salazar T, Morales H, Saldívar Moreno A (2017) **The Long Road: Rural Youth, Farming and Agroecological Formación in Central America**. *Mind, Culture and Activity* 24(3): 183-198

Meek D (2014) **Agroecology and Radical Grassroots Movements' Evolving Moral Economies**. *Environment and Society* 5(1): 47-65

Meek D (2015) **The cultural politics of the agroecological transition**. *Agriculture and Human Values* 33(2): 275-290

Miranda RS (2013) **Ecologia política e processos de territorialização**. *Revista Sociedade e Estado* 28(1): 142-161

Molina M, Freitas HA (2011) **Avanços e desafios na construção da Educação do Campo**. *Em Aberto* 24: 17-31

Montoya-Lerma J, Giraldo-Echeverri C, Ambrecht I, Farji-Brener A, Calle Z (2012) **Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control**. *International Journal of Pest Management* 58(3): 225-247

Nascimento RA, Nunoo DBO, Bizkarguenaga E, Schultes L, Zabaleta I, Benskin JP, Spanó S, Leonel J (2018) **Sulfloramid use in Brazilian agriculture: A source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment**. *Environmental Pollution* 242: 1436-1443

Ollivier G, Magda D, Mazé A, Plumecocq G, Lamine C (2018) **Agroecological transitions: What can sustainability transition frameworks teach us? An ontological and empirical analysis**. *Ecology and Society* 23(2): 5

Pahnke A (2017) **The Changing Terrain of Rural Contention in Brazil: Institutionalization and Identity Development in the Landless Movement's Educational Project**. *Latin American Politics and Society* 59(3): 3-26

Paniagua-Zambrana NY, Camara-Lerét R, Bussmann RW, Macía MJ (2014) **The influence of socioeconomic factors on traditional knowledge: a cross scale comparison of palm use in northwestern South America**. *Ecology and Society* 19(4): 1-21

Patel NR, Mandal UK, Pande LM (2000) **Agro-ecological zoning system - A remote sensing and GIS perspective**. *Journal of Agrometeorology* 2(1): 1-13

Petersen P, Mussoi EM, Dalsoglio F (2012) **Institutionalization of the Agroecological Approach in Brazil: Advances and Challenges**. *Journal of Sustainable Agriculture* 37: 103-114

Pignati WA, Lima FANS, Lara SS, Correa MLM, Barbosa JR, Leão LHC, Pignatti MG (2017) **Spatial distribution of pesticide use in Brazil: a strategy for Health Surveillance.** *Ciência & Saúde Coletiva* 22(10): 3281-3293

R core team (2019) **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Disponível em [<https://www.R-project.org/>]. Acesso em 07/05/2019

Ratnadass A, Fernandes P, Avelino J, Habibet R (2012) **Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review.** *Agronomy for Sustainable Development* 32: 273-303

Reemtsma T, Alder L, Banasiak, U (2013) **Emerging pesticide metabolites in groundwater and surface water as determined by the application of a multimethod for 150 pesticide metabolites.** *Water Research* 47(15): 5535-5545

Reyes-García V, Aceituno-Mata L, Calvet-Mir L, Garnatje T, Gómez-Baggethun E, Lastra JJ, Ontillera R, Parada M, Rigatf M, Valléz J, Vila S, Pardo-de-Santayana, M. (2014). **Resilience of traditional knowledge systems: The case of agricultural knowledge in home gardens of the Iberian Peninsula.** *Global Environmental Change* 24: 223-231

Robles W (2019) **The politics of agricultural cooperativism in Brazil: A case study of the landless rural worker movement (MST).** *Journal of Co-operative Organization and Management* 7(1): 10-25

Rosset PM, Martínez-Torres ME (2012) **Rural Social Movements and Agroecology: Context, Theory, and Process.** *Ecology and Society* 17(3): 1-12

Rosset PM, Val V, Barbosa LP, McCune N (2019) **Agroecology and La Via Campesina II. Peasant agroecology schools and the formation of a sociohistorical and political subject.** *Agroecology and Sustainable Food Systems* 43(8): 895-914

Runhaar H (2017) **Governing the transformation towards 'nature-inclusive' agriculture: Insights from the Netherlands.** *International Journal of Agricultural Sustainability* 15(4): 340-349

Rusch A, Bommarco R, Jonsson M, Smith HG, Ekbom B (2013) **Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale.** *Journal of Applied Ecology* 50(2): 345-354

Sage C (2014) **Food security, food sovereignty and the special rapporteur.** *Dialogues in Human Geography* 4(2): 195-199

Saylor CR, Alsharif KA, Torres H (2017) **The importance of traditional ecological knowledge in agroecological systems in Peru.** *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 13(1): 150-161

Schäfer RB (2019) **Responses of freshwater macroinvertebrates to pesticides – Insights from field studies.** *Current Opinion in Environmental Science and Health* 11:1-7

Schiøtt M, Rogowska-Wrzesinska A, Roepstorff P, Boomsma JJ (2010) **Leaf-cutting ant fungi produce cell wall degrading pectinase complexes reminiscent of phytopathogenic fungi.** *BMC Biology* 8(156): 1-12

Schwaab KS, Dutra VR, Marschner F, Ceretta PS (2019) **How much heavier is a “Hoe” for Women? Wage Gender Discrimination in the Brazilian Agricultural Sector.** *Contextus- Revista Contemporânea de Economia e Gestão* 17(2): 37-62

Schwendler SF, Thompson LA (2016) **An education in gender and agroecology in Brazil’s Landless Rural Workers’ Movement.** *Gender and Education* 29(1): 100-114

Serna FJ, Correa J (2003) **Extractos de hojas de *Lycopersicon esculentum* como fagoinhibidores en *Atta cephalotes*.** *Agronomía Colombiana* 21:142-153

Si A, Turpin M (2015) **The Importance of Insects in Australian Aboriginal Society: A Dictionary Survey.** *Ethnobiology Letters* 6(1): 175-182

Silva TC, Cruz MP, Araújo TAS, Schwarz ML, Albuquerque UP (2014b) **Methods in Research of Environmental Perception.** In: Albuquerque UP, Cunha LVFC, Lucena RFP, Alves RRN, (eds). *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. 1 ed. Humana Press, Recife, pp. 99-109

Silva TC, Medeiros PM, Araújo TAS, Albuquerque UP (2010) **Northeastern Brazilian students’ representations of Atlantic Forest fragments.** *Environment, Development and Sustainability* 12(2):195-211

Silva TC, Ramos MA, Schwarz ML, Alvarez IA, Kill LHP, Albuquerque UP (2014a) **Local representations of change and conservation of the riparian forests along the São Francisco River (Northeast Brazil).** *Forest Policy and Economics* 45:1-12

Slowikowski K (2018) **Ggrepel: Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with 'ggplot2'.** R package version 0.8.0. [<https://CRAN.R-project.org/package=ggrepel>] Accessed 04 September 2019

Sūmane S, Kunda I, Knickel K, Strauss A, Tisenkopfs T, Rios I, Ashkenazy A (2018) **Local and farmers’ knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agriculture.** *Journal of Rural Studies* 59: 232-241

Swanson AC, Schwendenmann L, Allen MF, Aronson EL, Artavia-León A, Dierick D, Fernandez-Bou AS, Harmon TC, Murillo-Cruz C, Oberbauer SF, Pinto-Tomás AA, Rundel PW, Zelikova TJ (2019) **Welcome to the Atta world: A framework for understanding the effects of leaf-cutter ants on ecosystem functions.** *Functional Ecology* 33: 1386–1399

Tarlau R (2013) **Coproducing Rural Public Schools in Brazil.** *Politics and Society* 41(3): 395-424

Tarlau R (2015) **Education of the countryside at a crossroads: rural social movements and national policy reform in Brazil.** *The Journal of Peasant Studies* 42(6): 1157-1177

Taveira LRS (2010) **Laudo Agronômico de Fiscalização da Fazenda Fortaleza de Sant'anna. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária.** Superintendência Regional de Minas Gerais. Divisão de Obtenção de Terras Belo Horizonte, MG

Thapliyal N (2013) **Reframing the Public in Public Education: The Landless Workers Movement (MST) and Adult Education in Brazil.** *Reframing the public in public education* 11(4): 106-131

Timmermann C, Félix GF (2015) **Agroecology as a vehicle for contributive justice.** *Agriculture and Human Values* 32(3):523-538

Tofolo C, Fuentefria AM, Farias FM, Machado MM, Oliveira LFS (2014) **Contributing factors for farm workers' exposure to pesticides in the west of the state of Santa Catarina, Brazil.** *Acta Scientiarum* 36(2): 153-159

Tscharntke T, Clough Y, Wanger TC, Jackson L, Motzke I, Perfecto I, Vandermeer J, Whitbread A (2012) **Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification.** *Biological Conservation* 151(1): 53-59

Ulicsni V, Svanberg I, Molnár Z (2016) **Folk knowledge of invertebrates in Central Europe - folk taxonomy, nomenclature, medicinal and other uses, folklore, and nature conservation.** *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12(47): 1-40

Veltmeyer H, Petras J (2008) **The Social Dynamics of Brazil's Rural Landless Workers' Movement: Ten Hypotheses on Successful Leadership.** *Canadian Review of Sociology/Revue Canadienne de Sociologie* 39(1): 79-96

Villamar AA, Diago OLS, Conteras EJC, Medinaceli A (2018) **Código especial de ética para la investigación etnobiológica en América Latina.** *Ethnoscintia* 3(2): 1-6

Vittoretto BV (2010) **A Conformação da Zona da Mata mineira no mercado mundial do café no século XIX.** *Heera* 5(9): 67-91

Wang J, Zeng X, Bloom MS, Qian Z, Hinyard LJ, Belue R, Lin S, Wang S, Tian Y, Chu C, Gurram N, Hu L, Liu K, Yang B, Fang D, Liu R, Dong G (2019) **Renal function and isomers of perfluorooctanoate (PFOA) and perfluorooctanesulfonate (PFOS): Isomers of C8 Health Project in China.** *Chemosphere* 218: 1042-1049

Wei T, Simko V (2017) **R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix.** Available from [<https://github.com/taiyun/corrplot>]. Accessed 18 August 2019

Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C (2009) **Agroecology as a science, a movement and a practice. A review.** *Agronomy for Sustainable Development* 29(4):503-515



Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian J, Ferrer A, Peigné J (2014) **Agroecological practices for sustainable agriculture. A review.** *Agronomy for Sustainable Development* 34(1): 1-20

Wickham H (2016) **Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.** Springer-Verlag, New York Available [from <https://ggplot2.tidyverse.org>] Accessed 24/08/2019

Wittman H (2010) **Agrarian Reform and the Environment: Fostering Ecological Citizenship in Mato Grosso, Brazil.** *Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement* 29(3-4): 281-298

Wyckhuys KAG, O'Neil RJ (2007) **Local agro-ecological knowledge and its relationship to farmers' pest management decision making in rural Honduras.** *Agriculture and Human Values* 24(3): 307-321

Zabaleta I, Bizkarguenaga E, Nunoo DBO, Schultes L, Leonel J, Prieto A, Zuloaga O, Benskin JP (2018) **Biodegradation and Uptake of the Pesticide Sulfluramid in a Soil-Carrot Mesocosm.** *Environmental Science and Technology* 52(5): 2603-2611

Zanetti R, Zanuncio J, Santos J, Silva W, Ribeiro G, Lemes P (2014) **An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian Forest Plantations.** *Forests* 5(3): 439-454

## SUPPLEMENTARY MATERIAL

**Supplementary Material 1:** Frequency of citation of leaf-cutting ants control methods cited by respondents from Assentamento Dênis Gonçalves, Minas Gerais, Brazil

Method	Resource	Method of preparation	Application Method	Effect	Freq.
Chemical	Carbide with water	Product Package Recommendation	Product Package Recommendation	Lethal	1
	Formicide powder			Lethal	5
	Liquid insecticide			Lethal	1
	Granulated toxic bait			Lethal	33
	Mineral Oil and Detergent	Mixture 1:1 (vol:vol)	Direct application at the nest mound hole	Unknown	1
	Tick poison (sirloin remedy)	Not applicable	Direct application at the nest entrance and on foraging trails	Lethal and Repellent	5
Physical	Water	Nest Flood	Direct application at the nest entrance	Lethal	5

			using buckets or hoses		
	Water	Manual excavation near vegetable gardens and fields. Waterproof tarpaulins are lined in the excavated areas	Daily flood of the excavated area to form a physical barrier	Prevents the cutting of crops	1
	Cotton ( <i>Gossypium</i> sp L.)	Not applicable	Cotton fiber is tied to the base of fruit plants	Prevents the cutting of crops	3
	Brazilian satintail ("sapê") ( <i>Imperata brasiliensis</i> Trin.)	Not applicable	The collected plant is tied to the base of fruit plants.	Prevents the cutting of crops	1
	Pitfall	Manual digging of round holes near vegetable gardens and fields.	Cut soda PET bottles are introduced into the formed holes	Prevents the cutting of crops	1
	Manual excavation	Not applicable	Excavation of the nest with a hole to locate and eliminate the queen	Lethal	1
Agroecological	Wax gourd ( <i>Benincasa hispida</i> )	Not applicable	Concomitant planting with other crop plants	Lethal	1
	Natural fertilizer	Arbitrary mixture of "rapadura", milk and cattle manure	Application of the solution in the crop fields	Repellent	2
	Cassava Gum	Extraction of the yellowish liquid formed after cassava grinding. Solution should be stored for 15 days in closed bottles.	Direct application of 2 liters of the preparation in the quem-quem ( <i>Acromyrmex</i> ) nest entrance	Lethal	1

Water with ash	Arbitrary mixture of ash from wood burning stoves and water	Irrigation of the vegetable gardens and orchards	Repellent	2
Water with ash	Arbitrary mixture of ash from wood burning stoves and water	Direct application at the nest entrance	Lethal	1
Rosemary ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Not applicable	Planting around vegetable gardens and orchards	Repellent	2
“Angico” ( <i>Anadenanthera</i> sp.)	Not applicable	Concomitant planting with Cultivated Plants (Agroforestry Perspective)	Unknown	1
Belladonna ( <i>Atropa belladonna</i> L.)	70% Alcohol Extract	Direct application at nest entrance	Lethal	1
Boldo ( <i>Plectranthus barbatus</i> A.)	Not applicable	Planting around the vegetable gardens and orchards	Attractive	1
Coffee grounds	Reuse of Coffee Powder	Direct application at the nest entrance	Repellent	2
Limestone	Not applicable	Distribution of the preparation in the cultivation fields	Repellent	2
Tobacco extract ( <i>Nicotiana</i> sp L.)	Mixture of tanned tobacco with garlic and pepper for 20 days in water 1:10 (Kg:L)	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	1
Cow urine with ash	Arbitrary mixture of ash from wood burning stoves and cow urine stored for 15 days on a PET bottle in the	Direct application to the nest entrance	Lethal and Repellent	1

		dark			
Cow urine with ash	Arbitrary mixture of ash from wood burning stoves and cow urine stored for 15 days on a PET bottle in the dark		Direct application to nest entrance	Migratory	<b>1</b>
Wood Stove Ash	Not applicable		Direct application at nest entrance or on the base of cultivated plants	Reduction of foraging activity	<b>2</b>
Dumb-cane ( <i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott.)	Cut leaves using gloves		Distribution over active foraging trails or closer the open nest hole	Toxic-attractive	<b>1</b>
Clove ( <i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & L.M. Perry)	Not applicable		Concomitant planting with other crop plants	Attractive	<b>2</b>
Chicken breeding	Not applicable		Concomitant rearing in <i>Citrus</i> orchards	Reduction of foraging activity	<b>1</b>
Coconut soap and detergent	Arbitrary mixture in water		Direct application at nest entrance	Reduction of foraging activity	<b>1</b>
Hot Chili Pepper Extract ( <i>Capsicum frutescens</i> L.)	Alcoholic Extract of fruits 1: 5 (Kg: L) arbitrarily diluted in water		Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>3</b>
Hot Chili Pepper Extract ( <i>Piper nigrum</i> L.)	Alcoholic Extract of Seeds 1:10 (Kg: L)		Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
Angel's Trumpet Extract ( <i>Brugmansia sp Pers.</i> )	Aqueous Extract of Flowers 1:10 (Kg: L)		Direct application to nest entrance	Lethal	<b>1</b>
Guandú Beans ( <i>Cajanus cajan</i> L. Millsp.)	Not applicable		Concomitant planting with other crop plants	Toxic-attractive	<b>3</b>

Sesame ( <i>Sesamum indicum</i> L.)	Not applicable	Concomitant planting with other crop plants	Toxic-attractive	<b>10</b>
Cabbage Homeopathy ( <i>Brassica oleracea</i> L.)	Uninformed	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
Castor bean Homeopathy ( <i>Ricinus communis</i> L.)	Infusion of fresh leaves in water 1:10 (Kg: L) and further storage for at least 24 hours	Spraying on plants in the late afternoon	Reduction of foraging activity	<b>1</b>
Tobacco Homeopathy( <i>Nicotiana</i> spL.)	Aqueous mixture of fresh leaves 1:10 (Kg: L) stored for 72 to 96 hours	Spraying on plants in the late afternoon	Reduction of foraging activity	<b>6</b>
Tobacco Homeopathy ( <i>Nicotiana</i> sp L.)	Aqueous mixture of macerated leaves 1:10 (Kg:L) stored for 10 days	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
Castor bean homeopathy ( <i>Ricinus communis</i> L.)	Aqueous infusion of fresh leaves 1:10 (Kg:L) stored for 7 to 15 days	Spraying on plants in the late afternoon Direct application at nest entrance and / or on foraging trails	Reduction of foraging activity and Repellent	<b>10</b>
Castor bean homeopathy ( <i>Ricinus communis</i> L.)	Arbitrary infusion of mashed fruit stored for 15 days in the dark	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
Castor bean homeopathy ( <i>Ricinus communis</i> L.)	Collection all leaves of an adult castor bean tree, mincing and storing the leaves in a 200L water bucket for 15 days	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
Castor bean homeopathy ( <i>Ricinus</i> )	6 castor bean tree leaves stored in 10	Direct application at nest entrance and / or over foraging trails	Reduction of foraging activity	<b>2</b>

	<i>communis</i> L.)	liters of water for 24 hours			
	Fern Homeopathy	Aqueous infusion of fresh leaves 1:10 (Kg: L) stored for 24 hours	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
	Vegetable Homeopathy	Mixture of cultivated plant leaves that have lost commercial value (usually yellowish or sick leaves) in five liters of water stored for 72 hours	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>1</b>
	Leaf-cutting ants Homeopathy	1:10 (vol: vol) aqueous mixture of isopathy at 30CH in water	Spraying on plants in the late afternoon	Reduction of foraging activity and Repellent	<b>6</b>
	Isopathy or Nosode	Ants macerated in 70% alcohol 1:5 (Kg / L) and stored in amber bottles for at least 15 days in the dark	Application on leaves of crop plants and / or on foraging trails in the late afternoon with a sprayer	Repellent	<b>13</b>
	Neem ( <i>Azadirachta indica</i> A.Juss)	Not applicable	Concomitant planting with other crop plants	Toxic-attractive	<b>3</b>
	Bread with vinegar	Vinegar- Soaked Bread	Distribution over active foraging trails	Toxic-attractive	<b>1</b>
	Soap and ash	Arbitrary mixture in water	Spraying on plants in the late afternoon	Repellent	<b>2</b>
	Castor Bean Seed	Manual grinding	Distribution over active foraging trails	Toxic-attractive	<b>1</b>

	Urine	Urine stored in soda PET bottle for up to 20 days in the dark	Direct application to nest entrance	Lethal and Repellent	<b>10</b>
	Cow urine	Urine stored in soda PET bottle for up to 20 days in the dark diluted with water 1:10 (vol: vol)	Direct application to nest entrance	Lethal and Repellent	<b>19</b>

## CAPÍTULO II

### REPELIR PARA NÃO MATAR: EFICIÊNCIA DE MÉTODOS AGROECOLÓGICOS PARA O CONTROLE DE *Acromyrmex subterraneus* FOREL, 1893 (HYM., FORMICIDAE) SOB CONDIÇÕES LABORATORIAIS

Thiago da Silva Novato<sup>1</sup>; Gustavo Taboada Soldati<sup>2,3</sup>; Luciana Moreira Chedier<sup>3</sup>,  
Juliane Lopes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>MirmecoLab, PPG em Ciências Biológicas: Comportamento e Biologia Animal, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), CEP: 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil

<sup>2</sup>PPG em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), CEP: 52171-900 Recife, PB, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Botânica, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), CEP: 36036-900, Juiz de Fora, MG, Brasil

\* Corresponding author

E-mail addresses: JL ([julianeflopes@yahoo.com.br](mailto:julianeflopes@yahoo.com.br))

#### RESUMO

O efeito repelente dos extratos agroecológicos isopáticos, homeopáticos e urina de vaca em *Acromyrmex subterraneus* foi avaliado em condições laboratoriais a partir de dois ensaios experimentais. No primeiro, para verificar se os extratos promovem diminuição no fluxo total de operárias, estes foram aplicados em um segmento mediano (barreira) de uma trilha artificial de forrageamento que conectou as colônias a arena de forrageamento. O fluxo total de operárias foi determinado a partir da contagem de operárias que transitaram em duas possíveis rotas na trilha (superior e lateral) em três segmentos (Pré-Barreira, Barreira e Pós-Barreira) durante 1h. A aplicação dos extratos promoveu o desvio do fluxo para a rota lateral no segmento barreira. Nos segmentos onde os extratos estavam ausentes, o fluxo total de operárias se concentrou sempre na rota superior da trilha. Também constatou-se uma menor taxa de entrega de folhas em função da aplicação do extrato isopático. No segundo ensaio, os mesmos extratos foram aplicados diretamente sobre discos foliares, os quais foram oferecidos em duas arenas dispostas ao final de uma trilha em Y, possibilitando avaliar a seleção de folhas com extratos diferentes ou sem extratos oferecidos simultaneamente. Verificou-se que discos com extrato de urina de vaca e isopatia foram menos carregados, comprovando-se o efeito repelente de ambos. Atribui-se a repelência da isopatia a presença do feromônio de alarme das operárias, as quais são esmagadas para sua confecção. Já na urina de vaca, o odor pode ser o principal agente causador de repelência nas formigas, já que estas apresentam alta sensibilidade à odores químicos.

**Palavras-Chave:** Formigas-Cortadeiras, Métodos de Controle, Mirmecologia, Saberes Tradicionais



## INTRODUÇÃO

A agroecologia é uma ciência multidisciplinar que mobiliza práticas agrícolas a partir da aplicação de conceitos e princípios ecológicos no manejo de agroecossistemas (Borsatto & Carmo 2013; Mandal 2015). Seu sistema de produção aborda os conhecimentos e habilidades tradicionais de agricultores familiares e camponeses no uso sustentável dos recursos naturais (Altieri & Toledo 2011; Martínez-Torres et al. 2014; Meek 2015). Mais do que uma prática agrícola, a agroecologia também emergiu nos últimos anos como uma bandeira ideológica e representa um modelo de sociedade, expondo críticas à estrutura fundiária e ao agronegócio (Molina 2013; Rosset & Martínez-Torres 2012; Snipstal 2015).

Nesse contexto, uma das vertentes agroecológicas está relacionada ao uso de métodos alternativos para o controle de insetos herbívoros (Mire et al. 2016; Liere et al. 2017). Formigas cortadeiras são responsáveis por causar prejuízos econômicos bilionários (Montoya-Lerma et al. 2012), sendo consideradas na agricultura empresarial como pragas agrícolas. Seu controle é realizado com o uso de agrotóxicos que causam danos ambientais e à saúde humana (Miranda et al. 2008; Schäfer 2019). Iscas tóxicas atrativas à base de sulfluramida e pulverizações de composição organofosforada são os métodos mais difundidos e que apresentam maior eficiência (Zanetti et al. 2014; De Britto et al. 2016). Entretanto, tais métodos não são seletivos e comprometem outras formas de vida, além de gerar resíduos, em especial a sulfluramida, os quais são contaminantes do solo e de corpos hídricos (Lourençato et al. 2014; Nascimento 2016).

O modelo agroecológico por sua vez, reconhece as funções ecológicas dos insetos. Assim, uma série de estudos baseados em testes com a aplicação de extratos vegetais, controle biológico, manejo integrado de pragas (IPM) além do consórcio de plantas atrativas, tem sido adotados a fim de permitir a coexistência e não o total extermínio desses indivíduos nos campos de cultivo, sem prejudicar a produtividade dos alimentos plantados (Lobo-Echeverri et al. 2016; Grass et al. 2017; Reddy 2017; Junior et al 2017; Dougoud 2019).

Porém, tratando-se de formigas cortadeiras (*Atta* e *Acromyrmex*), ainda persistem grandes dificuldades na adequação de métodos eficazes, de baixo custo ao produtor, ambientalmente seguros e que retenham sua voraz atividade de forrageamento (Della Lucia et al. 2014). Extremamente importantes na ciclagem de nutrientes, aeração e drenagem do solo, o grupo se destaca pelo corte de variadas espécies vegetais para o cultivo do fungo simbiote no interior da colônia. As espécies de ambos gêneros se comportam como um superorganismo que apresenta um complexo sistema de comunicação e auto-organização (Della Lucia et al. 2014; Almeida et al. 2018; Hastenreiter et al. 2018). A partir do recrutamento em massa das operárias, para o corte de matéria vegetal, as formigas cortadeiras retornam ao ninho para incorporá-la no fungo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* Möller (Singer), que é a fonte alimentar da prole (Roces 2002; Corrêa et al. 2016; Lopes et al. 2016). Colônias adultas são constituídas por milhares de indivíduos que são hábeis em desfoliar diferentes espécies de plantas cultivadas em um pequeno intervalo de tempo, especialmente no momento de implantação do cultivo (Burd et al. 2005)

Haja vista a importância econômica desse grupo de insetos, mesmo dentro da agroecologia, persiste a necessidade do controle de formigas cortadeiras e busca-se pelo desenvolvimento de metodologias sustentáveis que apresentem um alto e persistente efeito tóxico/letárgico e que, ao mesmo tempo, apresentem baixa degradabilidade de forma a não deixar resquícios que possam afetar negativamente

todo um ecossistema cultivável.

Extratos ou substâncias de origem animal são empregados na atenuação da atividade forrageadora das formigas cortadeiras e outros herbívoros por camponeses de movimentos sociais, como o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) no Brasil e outros agricultores de produção familiar pelo mundo (Mihale et al. 2009, Giesel et al. 2012; Gbolagade & Yewande 2015; Novato et al. submetido). A isopatia e a homeopatia surgiram justamente como insumos oficializados e autenticados pelo Ministério da Agricultura a partir de 1999, direcionados ao manejo de “pragas” e doenças na produção orgânica de alimentos (Rupp et al 2012; Santos & Pontes 2013).

A isopatia animal consiste na preparação de extratos em altas concentrações a partir da sucussão de algum solvente em conjunto ao agente causal de interesse. Também referida como nosódio, bioterápico ou tintura mãe, objetiva afetar a atividade biológica do agente provocador do dano agrícola (Cavalca et al. 2011; Rupp et al. 2012; Barros et al. 2019). Já a homeopatia, com a mesma finalidade, realiza além das sucussões, dinamizações centesimais para diluir os extratos em diferentes concentrações, teorizadas pelo médico Samuel Hahnemann (Betti et al. 2009; Mapeli et al. 2010; Wyss et al. 2010).

De forma suplementar, formulações envolvendo a urina de vaca também são relatadas como métodos de controle de formigas cortadeiras (Novato et al. 2020 comunicação pessoal). Mais propagados na Índia, diversos testes sistematizados apontam produtos caseiros contendo urina de vaca como promissores na repelência da mosca das frutas *Bactrocera cucurbitae* (Diptera:Tephritidae) e no “mosquito do chá” (Hemiptera: Miridae) (Bhuyan et al. 2017; Mawtham et al. 2019). Além disso, destaca-se a aplicação dessa solução no controle de insetos em plantações de tomates (Arora et al. 2014) e também no controle de *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) e *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), que atacam plantações de melancias (Burubai e Eribo 2012).

Embora esses métodos sejam utilizados e mostrem viabilidade de uso, sua eficiência ainda são pouco investigados. Na perspectiva de valorização do conhecimento tradicional de praticantes da agroecologia, a verificação científica e o exame de técnicas de controle adotadas são mecanismos importantes para um maior entendimento dos processos biológicos participantes no combate e prevenção de prejuízos agrícolas, ocasionados pela ação das formigas cortadeiras. Por isso, podem ampliar o compartilhamento de informações auxiliadoras que permitam aproximar o controle desses insetos com a práxis da agroecologia.

Logo, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da homeopatia, isopatia e urina de vaca na repelência de *Acromyrmex subterraneus* em condições laboratoriais. Tais extratos foram escolhidos por serem relatados por camponeses de um Assentamento Rural do MST como métodos comumente utilizados.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Espécie de Estudo*

Para o presente estudo, utilizou-se colônias de *A. subterraneus* com dois anos de idade, obtidas por meio da coleta de rainhas fecundadas após a revoada no ano de 2017, no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Minas Gerais. As colônias foram mantidas em sistema fechado composto de três potes plásticos (500 mL), referentes à câmara de lixo, câmara de fungo e arena de forrageamento, sendo interligados por tubos plásticos transparentes. A câmara de fungo apresentava em seu interior 1 cm de camada de gesso para manter a umidade e aproximadamente 500 mL de fungo simbiote. As colônias foram mantidas no MirmecoLab sob condições controladas de temperatura (25-30°C) e umidade relativa do ar (75-80%). Diariamente foram fornecidas folhas de *Acalypha wilkesiana* (Euphorbiaceae) às colônias. Antes do início dos ensaios experimentais, a câmara de lixo das colônias foi previamente esvaziada e limpa para possibilitar a observação *a posteriori* de qualquer evento decorrente dos ensaios experimentais, como mortalidade de operárias, descarte de material vegetal e/ou do fungo simbiote.

### *Preparação dos Extratos Agroecológicos*

Os extratos agroecológicos a serem testados foram preparados seguindo adaptações do que é realizado por camponeses do Assentamento Dênis Gonçalves (ADG), descritos no Capítulo 1 da presente dissertação (Novato et al. 2020 submetido). Os procedimentos éticos necessários para a execução da pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Juiz de Fora (CAAE: 92775618.3.0000.5147, Número do Parecer: 2.906.469).

**Extrato Isopático:** Operárias de *A. subterraneus* originárias de outras colônias não utilizadas nos ensaios experimentais foram maceradas manualmente em álcool 70% na proporção 5g de operárias/100mL de álcool. A solução heterogênea foi armazenada em frascos âmbar de 250 mL revestidos com papel alumínio. Posteriormente, foram mantidos em uma sala escura e sucussionados\* manual e diariamente 100 vezes durante 15 dias. Na sucussão manual os movimentos são executados por um manipulador que segura o frasco a ser dinamizado com uma das mãos e imprime 100 (cem) sucussões a um ritmo constante e com uma angulação específica (Holandino et al. 2007). Após o processo, o conteúdo foi filtrado para uso nos ensaios experimentais.

**Extrato Homeopático:** A partir do extrato isopático, foram adicionalmente efetuadas dinamizações mecânicas após os 15 dias de sucussão. Para tal, 250 µL do extrato isopático foram diluídos em 20 mL de álcool 70% e sucussionados 100 vezes para obter a dinamização 1CH. Do primeiro dinamizado, coletou-se 250 µL o qual também foi diluído em 20 mL de álcool 70%, sucussionado *a posteriori* por mais 100 vezes, adquirindo a concentração 2CH. O processo foi repetido até a concentração 30CH.

**Extrato de Urina de Vaca:** 2L de urina de vaca foram coletados de um animal sadio do ADG no momento de pré-ordenha utilizando um balde, sendo posteriormente armazenada em uma garrafa Pet com capacidade de 3 L. A urina foi mantida em uma sala escura e sucussionada diariamente 100 vezes durante 15 dias, adquirindo coloração escura. Segundo Oka (2016), esse processo é importante porque diminui o

teor de amônia da urina, garantindo a aplicabilidade do método em plantas sem danificação das folhas. Antes da aplicação do extrato nos ensaios experimentais, a urina foi diluída em água à 10%, conforme descrição dos camponeses.

### Ensaio Experimentais

#### Ensaio I: Efeito repelente da aplicação de extratos agroecológicos sobre trilhas de forrageamento de *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893)

Com o objetivo de avaliar se os extratos agroecológicos promovem uma alteração no fluxo de forrageamento em *A. subterraneus*, uma trilha de plástico PVC (policloreto de vinila) com 120 cm de comprimento, 3.5 cm de largura e 5.5 cm de profundidade foi preenchida com solo vegetal até a borda. A trilha foi dividida em três segmentos de 15, 45 e 15 cm, respectivamente, os quais foram denominados: Pré-Barreira, extremidade contígua a colônia; Barreira, segmento no qual foram aplicados os extratos; e Pós-Barreira, segmento próximo à arena de forrageamento (Fig. 1). A arena de forrageamento consistiu de uma bandeja de plástico PVC (23.5 x 15.0 x 6.8 cm), na qual foram oferecidas 10g de folhas frescas de *A. wilkesiana*.

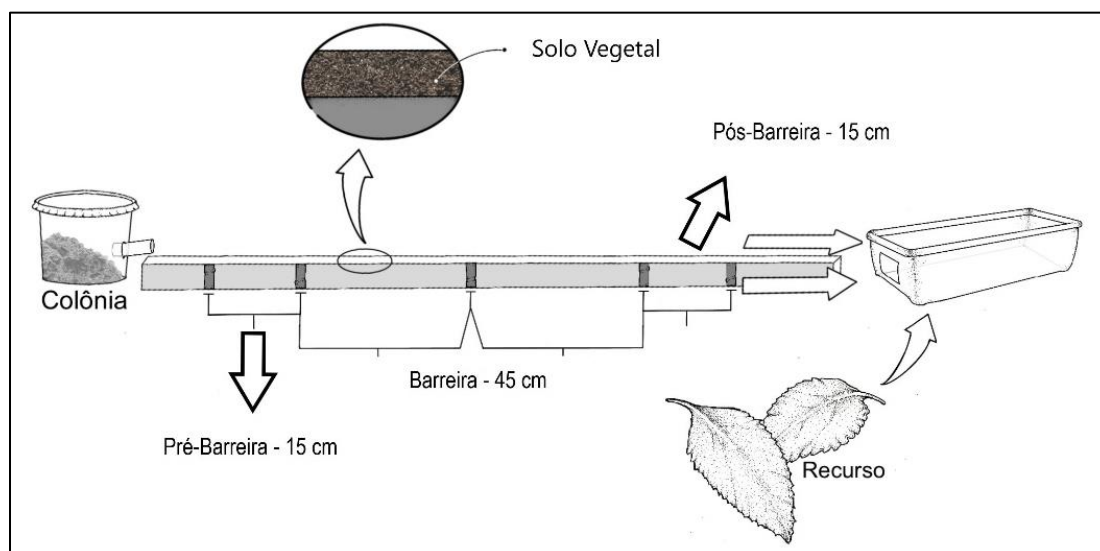


Fig 1: Desenho esquemático do *set up* do Ensaio I, apresentando a localização da colônia experimental, disposição dos segmentos Pré-Barreira, Barreira e Pós-Barreira para o registro do fluxo de operárias e carregamento de folhas e a rota percorrida (Rota superior ou lateral da trilha) até o recurso alimentar.

O ensaio experimental consistiu em seis tratamentos:

- (i) Controle positivo (+): sem a aplicação de extrato na trilha;
- (ii) Controle negativo (-): com a aplicação de álcool 70%;
- (iii) Isopatia;
- (iv) Homeopatia;
- (v) Água;
- (vi) Urina de vaca à 10%.

Cada tratamento foi executado com 10 repetições, utilizando-se portanto 60 colônias. A aplicação dos extratos foi realizada borrifando-se 30 mL no segmento "Barreira", utilizando um borrifador manual. O volume adotado foi aplicado conforme o realizado pelos camponeses do ADG, que relataram aplicar os extratos agroecológicos na trilha de forrageamento até que o solo estivesse encharcado, termo

denominado como Capacidade de Campo na agronomia (Assouline & Or 2014).

Em seguida, aguardou-se a secagem do solo da trilha em temperatura ambiente por 1h, visto que operárias forrageiras podem não forragear em solos com alta saturação de água por perderem a mobilidade para o carregamento de folhas (Farji-Brener et al. 2018). Além disso, solos saturados em água podem diluir os sinais de feromônio de trilha comprometendo a atividade das operárias em campo (Riley 1974).

Após, a colônia foi conectada a trilha e após 10 min, intervalo de tempo necessário para o estabelecimento da atividade de forrageamento, iniciou-se a contagem do número de operárias que saíram em direção ao recurso e as que retornaram para a colônia transportando ou não carga foliar, utilizando contadores manuais. O número de operárias contadas foi então somado e dividido pela largura da trilha, considerando as medidas lateral e superior da trilha, obtendo o fluxo total de operárias (Burd, 2002). O fluxo de operárias foi aferido durante 1min em cada segmento da trilha, a cada 5 min, durante 1h. Obteve-se dessa forma, 12 medidas de fluxo para os três segmentos. Devido a possibilidade do fluxo ocorrer tanto na rota superior da trilha (3.5 cm de largura) como na rota lateral (2.0 cm de largura), a contagem foi executada concomitantemente nos dois locais. No fim de cada repetição o solo foi descartado e realizada a limpeza da trilha com álcool 70%.

### Ensaio II: Efeito repelente da aplicação de extratos agroecológicos sobre folhas de *Acalipha wilkesiana* (Euphorbiaceae)

Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação dos extratos na seleção de folhas pelas operárias, adotou-se o sistema de trilha com conformação em Y, de forma que folhas com extratos diferentes ou sem extratos fossem oferecidas simultaneamente. A trilha em Y foi confeccionada em *Medium-density fibreboard* (MDF) com ramos de mesmo comprimento (22.5cm) e largura (3cm), sendo os ramos superiores arranjados em ângulo de 60° (Fig. 2).

Na extremidade dos ramos direito e esquerdo conectou-se uma arena retangular contendo 50 discos foliares (0.5 cm de diâmetro) de *A. wilkesiana* (Fig. 2). Foram estabelecidos dois pontos para contagem de fluxo de operárias à 2.5 cm em relação à extremidade dos ramos.

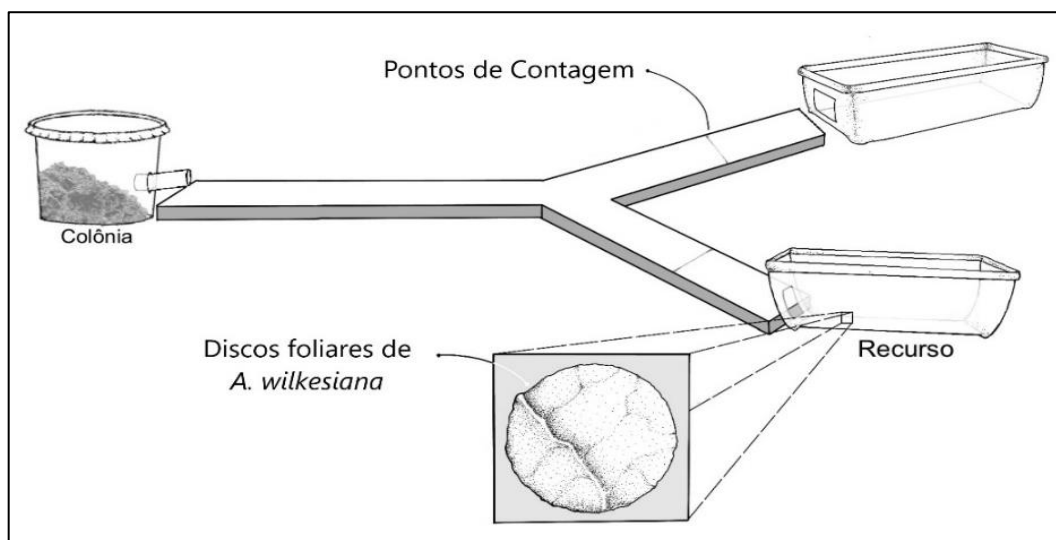


Fig 2: Desenho esquemático do *set up* do Ensaio II, apresentando a localização da colônia experimental, os ramos direito e esquerdo da trilha em Y, marcações de contagem (pontos fixos) e as arenas contendo discos foliares de *A. wilkesiana*.

Os mesmos extratos testados no Ensaio I foram utilizados neste Ensaio, os quais foram aplicados sobre os discos foliares, de forma a realizar combinações pareadas entre Controle (+), Controle (-), Isopatia e Homeopatia e entre Controle (+), Água e Extrato de Urina de Vaca. Foram realizadas portanto 9 tratamentos.

Os extratos (3 mL) foram borrifados manualmente sobre a superfície dos discos foliares e aguardou-se por 1h até a secagem dos mesmos. O volume de extrato aplicado foi determinado a partir do grau de escorrimento dos discos foliares, quando aplicado os extratos.

A partir da secagem dos discos, realizou-se a conexão da colônia a trilha e após 5 min da liberação das operárias na trilha, contabilizou-se 1 min do fluxo das operárias em cada ramo, a intervalos de 5 min. Quando o último disco foliar de um dos ramos foi transportado para a colônia, o experimento foi encerrado, verificando-se o número de discos foliares restantes no outro ramo. O experimento também foi finalizado quando, após 2h, não houve o carregamento total de um dos ramos da trilha.

Cada combinação de extratos foi repetida 10 vezes, utilizando-se colônias diferentes (N=90) e a disposição dos extratos em cada um dos ramos foi determinada por sorteio.

### *Análise de dados*

**Ensaio I:** Foram utilizados dois parâmetros para avaliar o potencial repelente dos extratos agroecológicos na trilha artificial de *A. subterraneus*. O primeiro foi baseado na comparação das médias do fluxo total de operárias ( $\Sigma$  operárias/largura da trilha/min) (Burd, 2002) nos segmentos “pré-barreira”, “barreira” e “pós-barreira”, levando em consideração o fluxo na rota lateral e superior da trilha. O fluxo total médio foi obtido a partir das 12 medidas de fluxo total realizadas ao longo da duração de cada teste experimental.

O segundo parâmetro foi a taxa de entrega de folhas para a colônia, que consiste na proporção de operárias que transportavam folhas em relação ao fluxo total no segmento “pré-barreira”.

Os dados foram transformados usando  $\log(x+1)$  e analisados a partir de Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM), com distribuição Gamma, considerando colônia como fator randômico e os extratos como variáveis explicativas.

As análises foram executadas no software R 3.6.1 (R Core Team, 2019), com os pacotes “nlme” (Pineiro et al. 2018), “lattice” (Sarkar 2008), “lme4” (Bates et al. 2015) “multcomp” (Hothorn et al. 2008), “ggplot2” (Wickham 2016), “ggpubr” (Kassambara 2019).

**Ensaio II:** A proporção de discos com extrato carregados foi determinada a partir do número de discos com extrato em relação ao número total dos discos carregados. No caso da apresentação de discos do Controle (+) em ambos os ramos, a proporção se refere aos dados do ramo cujos discos foram totalmente carregados e no caso de Controle (+) e Controle (-), a proporção se refere ao número de discos do Controle (-) em relação ao carregamento total.

As proporções obtidas foram analisadas a partir de GLMM, utilizando a família de distribuição Binomial, considerando colônia como fator randômico e como variável explicativa os diferentes extratos.

As análises foram executadas no software R 3.6.1 (R Core Team 2019) e com os pacotes “nlme” (Pineiro et al. 2018), “lme4” (Bates et al. 2015), “lattice” (Sarkar

2008), “multcomp” (Hothorn et al. 2008), “ggplot2” (Wickham 2016), “ggpubr” (Kassambara 2019).

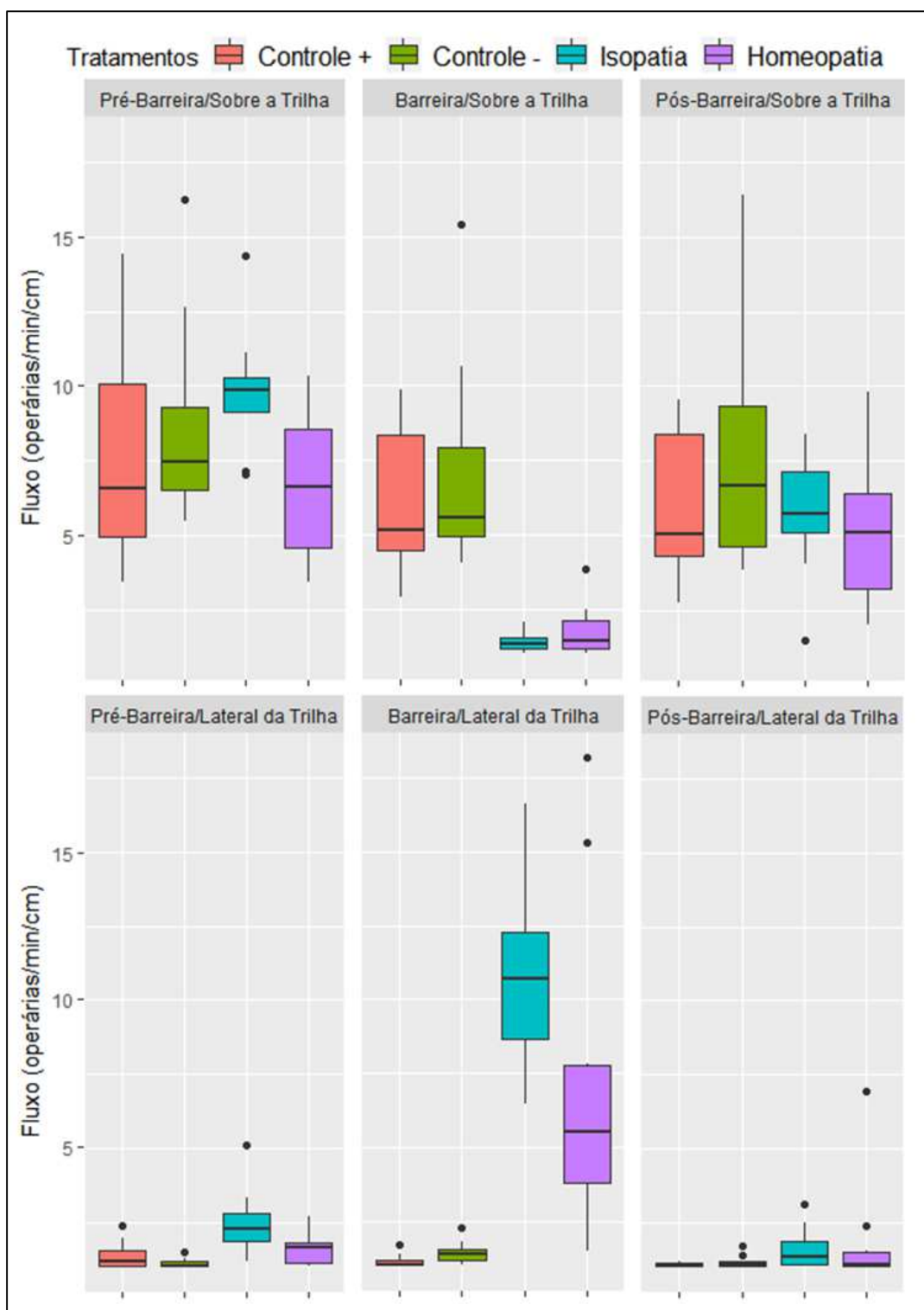
Para ambos ensaios, optou-se por analisar o extrato de urina de vaca separadamente dos extratos isopatia e homeopatia, pelo fato do controle negativo ser água e álcool, respectivamente.

## RESULTADOS

### ***Ensaio I: Efeito repelente da aplicação de extratos agroecológicos sobre trilhas de forrageamento de *Acromyrmex subterraneus****

No segmento “pré-barreira”, verificou-se maior fluxo na rota superior da trilha em comparação a rota lateral para todos os tratamentos (Fig. 3, Supl.1), os quais não diferem entre si nas duas rotas. O mesmo padrão foi observado para o extrato de urina de vaca a 10% (Fig. 4, Supl. 2). Entretanto, no segmento “barreira”, foi possível identificar o desvio do fluxo das operárias forrageiras para a rota lateral nos tratamentos isopatia, homeopatia e urina de vaca. Nos tratamentos controle, o fluxo foi maior na rota superior da trilha, indicando que os extratos agroecológicos tiveram efeito repelente (Fig. 3,4). Já no segmento “pós-barreira”, verificou-se que as operárias retornaram à rota superior da trilha, visto o maior fluxo nesta rota em todos os tratamentos aplicados, de forma semelhante ao observado no segmento “pré-barreira” (Fig. 3,4).

Com relação à taxa de entrega de folhas, verificou-se uma menor proporção de operárias carregadas com a aplicação do extrato isopático em relação ao controle positivo (Fig. 5, Supl. 3). Tal resultado indica que a aplicação do extrato isopático foi efetiva na redução da atividade forrageadora. Com relação ao extrato de urina de vaca e homeopatia, não foi possível evidenciar efeito de sua aplicação sobre a trilha na proporção de operárias carregadas (Fig. 6, Supl. 3).



**Fig. 3:** Fluxo total médio de operárias forrageiras nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira nas rotas superior e lateral da trilha. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo do fluxo total médio de operárias de cada um dos segmentos. Registrou-se que no segmento barreira houve um desvio no fluxo de operárias para a rota lateral da trilha nos tratamentos isopatia e homeopatia.



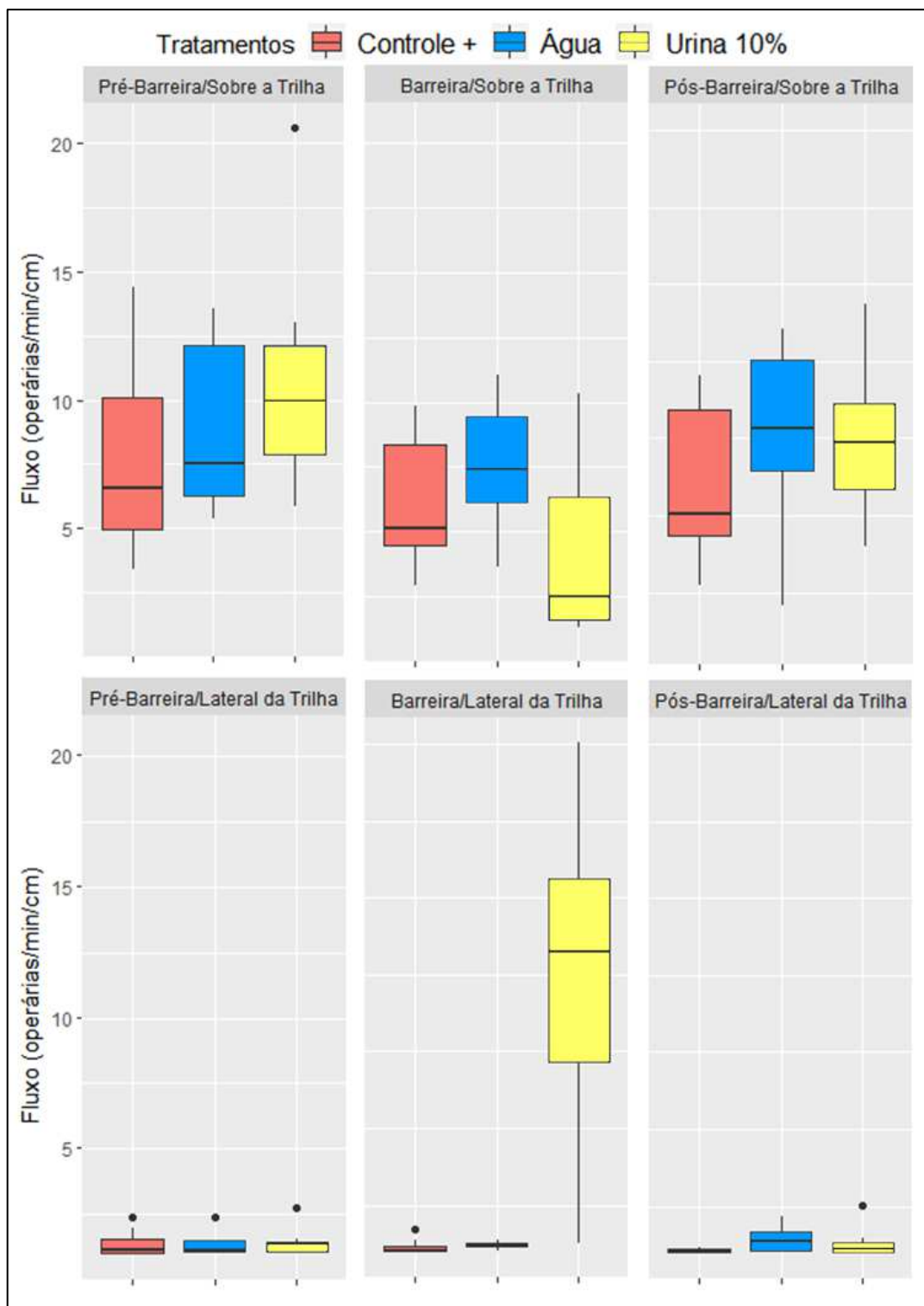
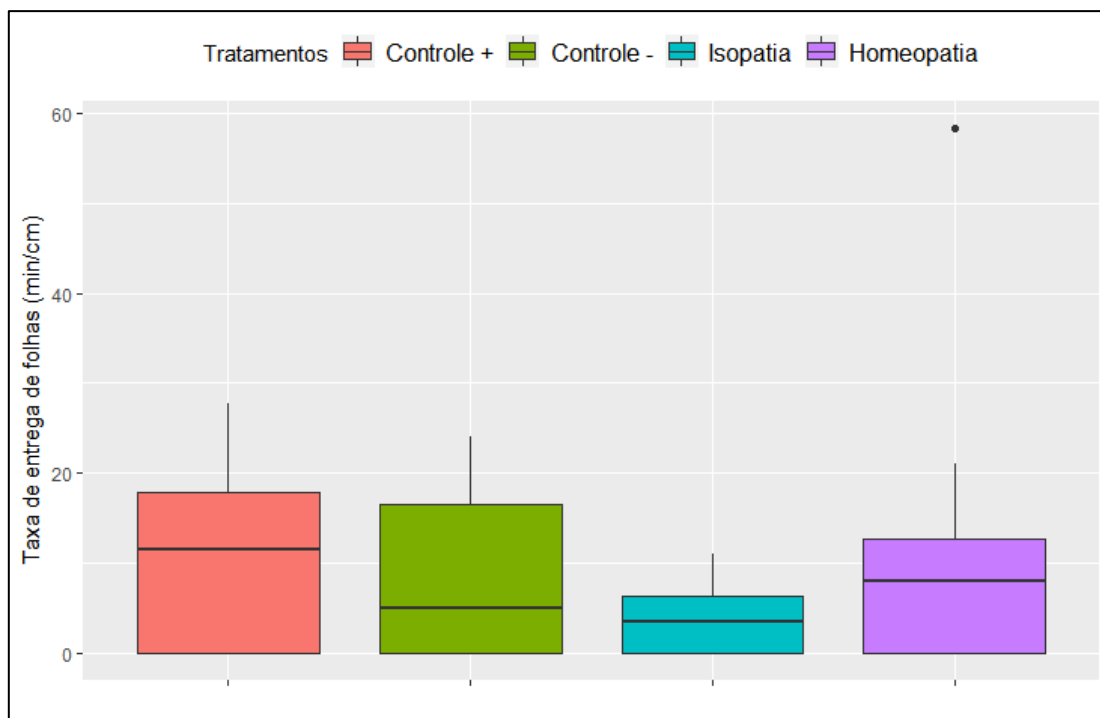
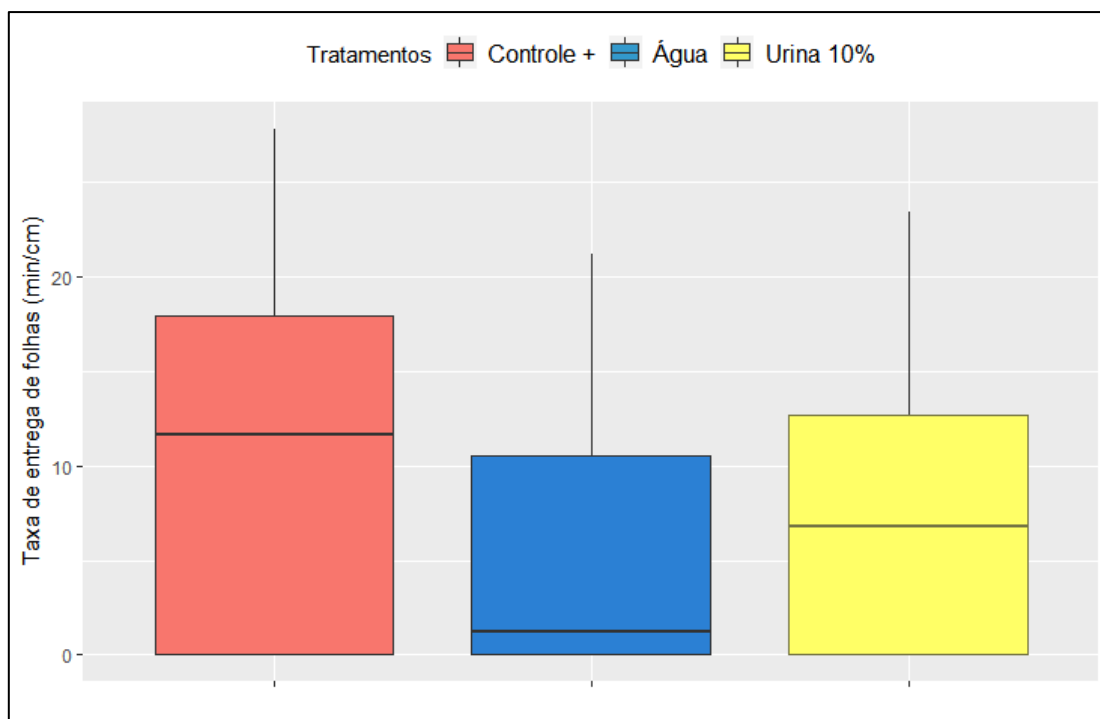


Fig. 4: Fluxo total médio de operárias forrageiras nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira nas rotas superior e lateral da trilha. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo do fluxo total médio de operárias de cada um dos segmentos. Registrou-se que no segmento barreira houve um desvio no fluxo de operárias para a rota lateral da trilha no tratamento urina 10%.



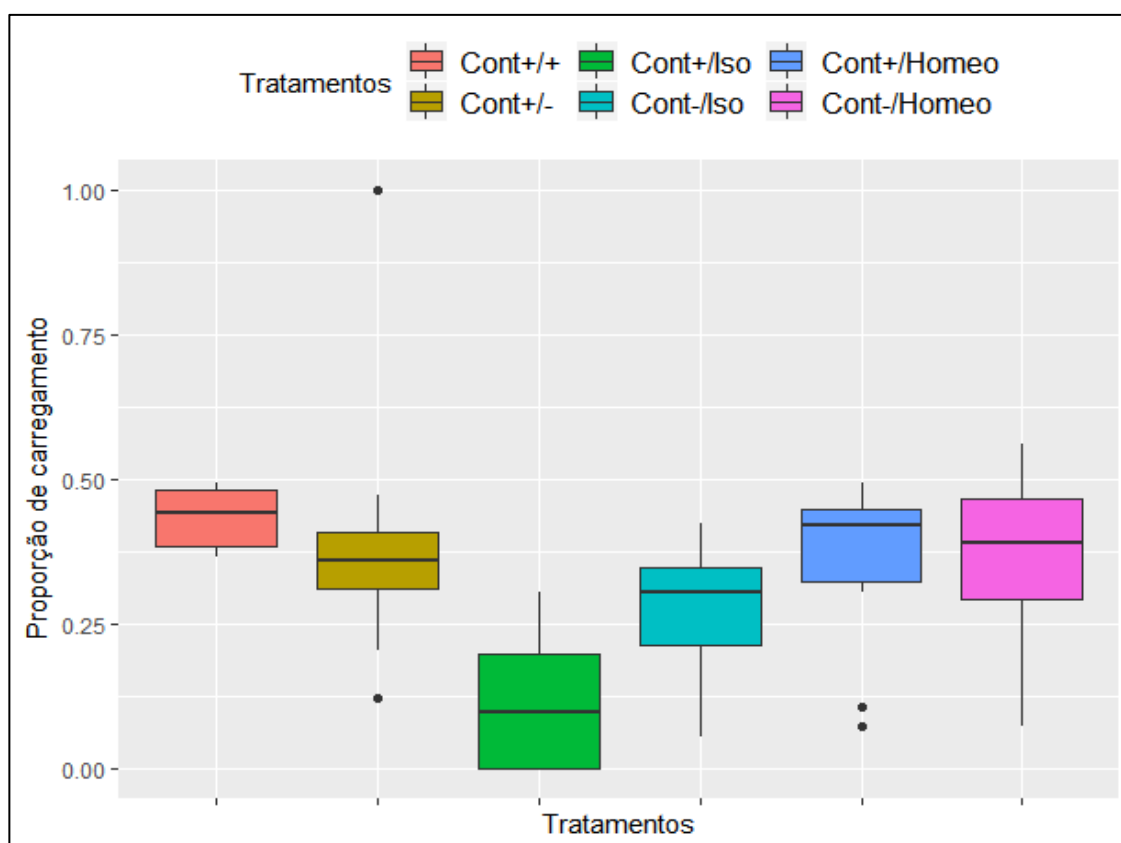
**Fig 5:** Taxa de entrega de folhas nos tratamentos controle (+), controle (-), Isopatia e Homeopatia. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da taxa de entrega de folhas. Verificou-se uma menor proporção de operárias transportando fragmentos foliares no tratamento isopatia.



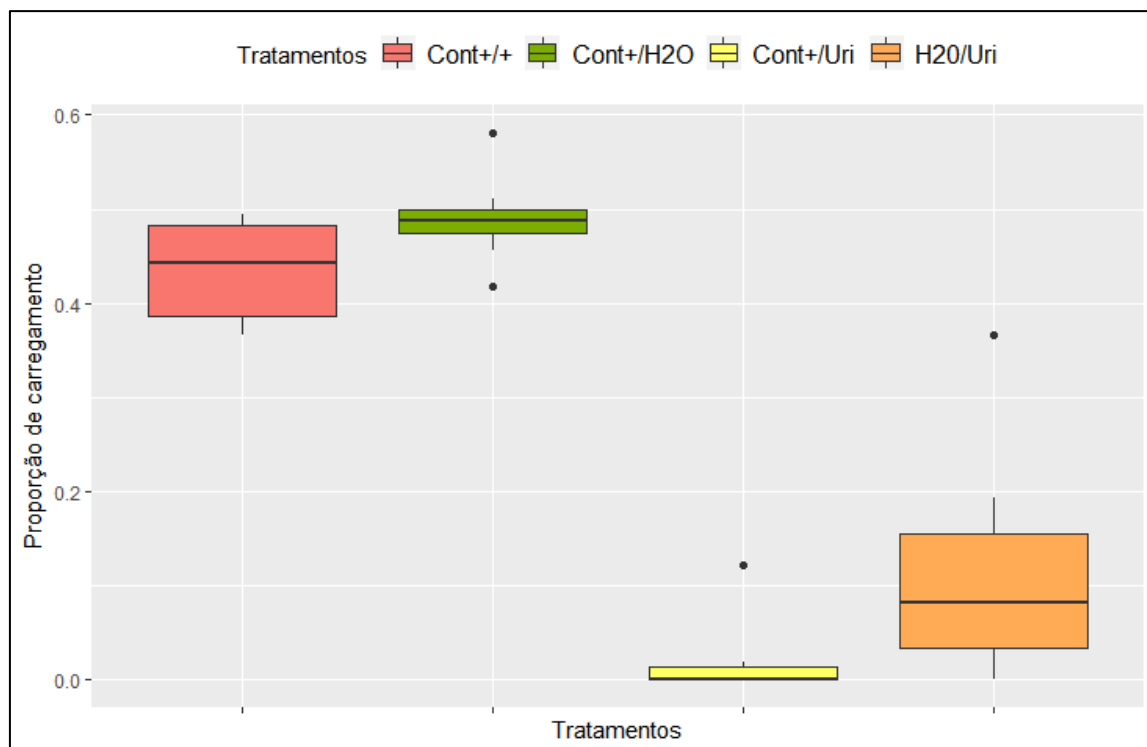
**Fig. 6:** Taxa de entrega de folhas dos tratamentos controle (+), Água e extrato de urina 10%. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da taxa de entrega de folhas de cada um dos segmentos. Não houve diferenças no transporte de fragmentos foliares entre os tratamentos.

## Ensaio II: Efeito repelente da aplicação de extratos agroecológicos sobre folhas de *Acalipha wilkesiana*

Nos testes de seleção, verificou-se que a proporção de discos carregados com isopatia foi menor que a dos discos controle (+) e (-), as quais não diferem entre si (Fig.7 ,Sup. 4). Por outro lado, não foi possível evidenciar diferenças na proporção de discos carregados com aplicação de homeopatia em relação aos controles (Fig.7, Supl. 4). Já a proporção de discos carregados com aplicação de urina de vaca foi menor em relação a proporção de discos controle e com a aplicação de água (Fig. 8 Supl. 4). Os resultados obtidos indicam que a aplicação de isopatia e urina de vaca tem um efeito repelente em *A. subterraneus*.



**Fig. 7:** Proporção de carregamento dos discos foliares pelas operárias entre os tratamentos controle, isopatia e homeopatia. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da proporção de discos foliares carregados em cada tratamento. Verificou-se que discos foliares contendo aplicação de isopatia foram proporcionalmente menos carregados quando comparados com o grupo controle.



**Fig. 8:** Proporção de carregamento dos discos foliares pelas operárias entre os tratamentos controle e urina de vaca 10%. Os boxplots e whiskers representam os valores médio, mínimo e máximo da proporção de discos foliares carregados em cada tratamento. Verificou-se que discos foliares contendo aplicação de urina de vaca 10% foram proporcionalmente menos carregados quando comparados com o grupo controle.

## DISCUSSÃO

A aplicação dos extratos agroecológicos no ensaio I promoveu um desvio significativo no fluxo total em *A. subterraneus*. Observou-se que o fluxo total de operárias se concentrou na rota superior da trilha no segmento “pré-barreira”, e um desvio para a rota lateral foi realizado pelas operárias quando se aproximavam do segmento da trilha onde foi realizada a aplicação dos extratos. Adiante, na medida em que se aproximavam do segmento “pós-barreira”, o fluxo se reestabeleceu sobre a rota superior da trilha (Fig. 3,4). Esse comportamento não foi observado para os tratamentos controle. No entanto, ao analisarmos a taxa de entrega de folhas, apenas o extrato isopático promoveu a redução da atividade forrageadora (Fig. 5,6). Os extratos de isopatia e urina de vaca também se mostraram eficientes quando aplicados em discos foliares de *A. wilkesiana*, visto a menor proporção de carregamento de discos com estes extratos no ensaio experimental II (Fig. 7,8).

A determinação de rotas é crucial no deslocamento de animais que estabelecem caminhos usados na realização de várias viagens entre destinos fixos (Perna & Latty 2014; Luo et al. 2019). Levando isso em consideração, operárias geralmente executam desvios em suas rotas de forrageamento quando a nova rota oferece superfícies menos complexas (Holt & Askew 2012), ou quando recursos mais atrativos são detectados (Beckers et al.1990; Seeley et al. 1991). No ensaio I, a alteração da rota superior da trilha para a rota lateral no segmento “barreira” evidencia que o contato direto com os extratos foi evitado, mesmo em detrimento às restrições promovidas por tal mudança, visto que as operárias se deslocaram de uma trilha mais larga (3.5 cm), para uma mais estreita (2.0 cm). Essa condição amplia em 20% as chances de engarrafamento no tráfego de operárias (Burd & Aranwela, 2003). Adicionalmente, a trilha lateral implica em maior dificuldade na estabilidade das

operárias durante o deslocamento, o que compromete a eficiência no transporte de folhas e despendia um maior gasto energético no forrageamento do que se a mesma atividade fosse executada na rota superior da trilha no segmento “barreira”. (Moll et al. 2010; Norton et al. 2013).

Sugere-se que as operárias escoteiras no início do processo de recrutamento provavelmente reagiram ao efeito repelente dos extratos isopáticos, homeopáticos e de urina de vaca no ensaio I. Provavelmente, isso desencadeou o processo de marcação de trilha química na rota lateral do segmento “barreira”, a fim de alcançar a arena de forrageamento. O desvio da rota promoveu a redução da taxa de entrega de folhas com a aplicação do extrato de isopatia sobre a trilha, confirmando a eficiência deste método agroecológico na redução da atividade forrageadora, como relatado por camponeses que utilizam esses métodos de controle de formigas cortadeiras (Novato et al. submetido).

Ainda que análises químicas dos extratos não tenham sido realizadas, acredita-se que substâncias que compõem o feromônio de alarme estejam presentes no extrato de isopatia e homeopatia e sejam responsáveis por ter promovido a repelência em operárias de *A. subterraneus*. Tal hipótese é embasada nos métodos de isolamento e identificação de feromônios em formigas cortadeiras, os quais exigem a trituração ou maceração de operárias em solventes (Francelino et al. 2006; Campos et al. 2016; Norman et al. 2017), de forma semelhante à formulação dos extratos testados no presente estudo. O feromônio de alarme é constituído por moléculas de baixo peso molecular e alta volatilidade (principalmente álcoois e aldeídos), as quais são produzidas e liberadas por glândulas mandibulares das operárias, e estimulam comportamento de alarme (Blum 1968; Hölldobler & Wilson 1990)

Os feromônios de alarme, quando captados pelas sensilas das antenas de operárias, desencadeiam respostas de fuga, fazendo com que operárias se afastem da fonte do odor (Ruchty et al. 2009; Verheggen et al. 2010). Podem também induzir comportamentos agressivos, em que operárias se aglomeram para atacar possíveis ameaças à colônia (Wilson & Regnier 1971; Hernández et al. 2002). Para operárias que vivem em colônias pequenas, como as utilizadas nos ensaios do presente estudo, os feromônios geralmente atuam como sinais de evacuação, visto que operárias de ninhos menos populosos não são hábeis em desencadear mecanismos de defesa, como a agressividade (Wilson & Regnier 1971; Francelino et al. 2006). A identidade química das moléculas do feromônio de alarme é ainda muito restrita para espécies de *Acromyrmex*, porém sabe-se que 4-metil-3-heptanona, 3-octanona e 3-octanol sejam característicos para o gênero (Crewe & Blue 1972; Hughes et al. 2001; Francelino et al. 2006; Norman et al. 2017) e possam estar presentes nos extratos, que, quando presentes na trilha de forrageamento no ensaio I e nos discos foliares do ensaio II, tenham promovido repelência nas operárias.

Segundo Zablony (2009), altas concentrações de 4-metil-3-heptanona causam repelência em *Atta texana*. Estudos homeopáticos envolvendo a avaliação da atividade de forrageamento de *Acromyrmex laticeps* e *Acromyrmex heyeri*, a partir da trituração e maceração de formigas, evidenciam a diminuição no forrageamento dessas espécies por cerca de 20 dias (Giesel et al. 2012; Giesel et al. 2013). Portanto, em consonância com os resultados de repelência aqui obtidos, sugere-se que os extratos isopáticos e homeopáticos possam ser considerados semioquímicos, e possivelmente apresentem moléculas que compõem o feromônio de alarme, visto a alteração da rota verificada no presente estudo (Hamilton et al. 2017; Norman et al. 2017). As respostas desencadeadas pelas operárias em relação ao feromônio de alarme dependem da concentração do mesmo (Hölldobler & Wilson 1990; Hamilton et

al. 2017; Norman et al. 2017). Extratos homeopáticos provavelmente apresentam menor concentração do feromônio de alarme em relação ao extrato isopático, pelo fato do extrato homeopático ser elaborado a partir de ultra diluições, o que explicaria sua não eficiência nos testes de seleção de folhas (Fig. 7). Em geral, há uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de feromônios e o tamanho de operárias (Hernandez et al. 1999; Hughes 2001; Francelino 2008). Assim, a utilização de operárias menores, as quais produzem maior quantidade de feromônio de alarme, poderiam contribuir na obtenção de extratos mais eficientes para os agricultores e camponeses controlarem as formigas cortadeiras.

Por outro lado, o princípio adotado para a avaliação da eficiência de métodos de controle homeopáticos no presente estudo, bem como na maioria dos existentes, pauta-se em uma lógica alopatia (Teixeira et al. 2011; Mapeli et al. 2010; Barros et al. 2019). Nela, busca-se uma relação dose-resposta específica que seja efetiva na atenuação da herbivoria de insetos em espécies vegetais de interesse (Amitava et al, 2010; Teixeira et al. 2011; Naeem et al. 2018). Nesse sentido, torna-se prudente esclarecer que a homeopatia na verdade apresenta uma epistemologia holística que transcende a lógica alopatia, e que sua efetividade como método de controle também leva em consideração uma ação sistêmica do ambiente (Gonçalves 2007; Andrade and Casali 2011). Isso significa que, por exemplo, a alta densidade de ninhos de formigas cortadeiras em um ambiente agrícola é um “sintoma” de que o ecossistema como um todo apresenta algum desequilíbrio ecológico, o que converge com estudos que mostram essa condição em ambientes com solos em baixos níveis de nutrientes (Leal et al. 2014; Swanson et al. 2019). Partindo deste pressuposto e respeitando as teorias preconizadas pela epistemologia homeopática, declaramos que apesar de nossos resultados revelarem a homeopatia menos eficaz para a repelência de *A. subterraneus*, sua aplicação em campo, a partir da observação de novos critérios metodológicos e na avaliação de outros parâmetros de forma contígua com outras práticas agroecológicas no reestabelecimento da homeostase de todo o sistema agrícola também deve ser considerada.

O extrato de urina de vaca, embora tenha se mostrado eficiente como repelente em *A. subterraneus* em ambos ensaios experimentais executados, não é muito testado como método de controle no Brasil. Apenas um estudo publicado verificou seu efeito inseticida para insetos que forrageiam produções de abacaxi na região Amazônica (Gonzaga 2009). Na Índia, por sua vez, a urina de vaca é comumente utilizada por praticantes da agricultura orgânica (Islam 2016; Manullang and Dayorno 2018). Extratos de urina de vaca possuem alto teor de ureia e, quando aplicados em folhas e brotos de plantas cultivadas, repelem insetos herbívoros de forma promissora em função de seu odor pungente (Kumawat et al. 2014). A utilização em consórcio de extrato de urina de vaca com extratos vegetais, como o neem (*Azadirachta indica* A.Juss), também são relatados (Chauhan & Singhal 2006; Islan 2013; Pradhan et al. 2018; Amaral et al. 2018). Assim, os discos foliares submetidos aos extratos no ensaio experimental II passam a não ser atraentes para *A. subterraneus*. De forma complementar, a urina de vaca além de biopesticida, pode auxiliar como biofertilizante, já que é composta principalmente por nutrientes orgânicos que podem proporcionar melhorias na textura do solo, corrigir a deficiência de micronutrientes de plantas e proporcionar o crescimento vegetal (Arora et al. 2014 Jandaik et al 2015 Pradhan et al. 2018).

Os resultados do presente estudo indicam que extratos isopáticos e de urina de vaca são métodos de controle com potencial repelente para aplicação em trilhas de forrageamento bem como em plantas cultivadas, sendo o isopático ainda eficiente

na evitação do transporte de folhas por *A. subterraneus*. Deve-se reconhecer, no entanto, que para uma compreensão completa do assunto, é necessária a análise química dos referidos extratos para compreender quais moléculas estão gerando a resposta repelente nas operárias forrageiras. Também, a execução de testes em campo é recomendada, a fim de determinar a periodicidade de aplicação dos extratos agroecológicos e assim reduzir de forma efetiva a atividade forrageadora. Uma alternativa interessante seria a aplicação da isopatia ao redor dos olheiros dos ninhos. Visto que esse extrato possivelmente apresenta feromônios que sinalizam ameaça, poderiam contribuir para a tomada de decisão coletiva das operárias de se reterem dentro do ninho, tornando o método efetivo. A aplicação concomitante da isopatia ou da urina de vaca no solo e em plantas dos campos de cultivo também podem ser medidas auxiliares que previnam prejuízos na produção agrícola. A expansão na linha de pesquisa que avalia técnicas agroecológicas provavelmente foi a maior contribuição deste estudo, na medida em que valoriza o conhecimento tradicional e fomenta novos métodos de controle que auxiliarão nos processos de transição agroecológica em assentamentos rurais e propriedades de produção familiar.

## REFERÊNCIAS

Almeida NGD, Camargo RDS, Forti LC, Lopes JFS (2018) **Hierarchical establishment of information sources during foraging decision-making process involving *Acromyrmex subterraneus* (Forel, 1893) (Hymenoptera, Formicidae)**. *Revista Brasileira de Entomologia*, 62(1):36-39

Amitava K, Johnson SN, Rajat P (2010) **Influence of intercropping on population dynamics of major insect pests and vectors of potato**. *Journal of Entomological Research* 34(2):151-154

Andrade FMC, Casali VWD (2011) **Homeopatia, agroecologia e sustentabilidade**. *Revista Brasileira de Agroecologia* 6(1):49-56

Assouline S, Or D (2014). **The concept of field capacity revisited: Defining intrinsic static and dynamic criteria for soil internal drainage dynamics**. *Water Resources Research*, 50(6): 4787-4802

Altieri MA, Toledo VM (2011) **The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants**. *Journal of Peasant Studies* 38(3): 587-612

Altieri MA (1999). **The ecological role of biodiversity in agroecosystems**. *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes* 1(1):19-31. doi:10.1016/b978-0-444-50019-9.50005-4

Altieri MA, Nicholls CI (2017) **Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America**. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41(3-4):231-237

Altieri, MA (2010) **Agroecologia, Agricultura Camponesa e Soberania Alimentar**. *Revista Nera* 13(16): 22-32

Araújo IMM, Oliveira AGRC (2017) **Agronegócio e agrotóxicos: impactos à saúde**

**dos trabalhadores agrícolas no nordeste brasileiro.** *Trabalho educação e saúde* 15(1):117-129

Arora S, Kanojia AK, Kumar A, Mogha N, Sahu V (2014) **Biopesticide Formulation to Control Tomato Lepidopteran Pest Menace.** *Asian Agri History Foundation* 18(3): 283–293

Barros G, Seugling J, Bricarello PA (2019) **Effect of Homeopathic Medicines and a Nosode on Larvae of *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae).** *Homeopathy*, doi:10.1055/s-0038-1677479

Beckers, R., Deneubourg, J. -L., Goss, S., & Pasteels, J. M. (1990). Collective decision making through food recruitment. *Insectes Sociaux*, 37(3), 258-267

Blum MS, Padovani F, Amante E (1968) **Alkanones and terpenes in the mandibular glands of *Atta* species (Hymenoptera: Formicidae).** *Comparative Biochemistry and Physiology*, 26:291-299

Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S (2015) **Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4.** *Journal of Statistical Software* 67(1):1-48

Betti L, Trebbi G, Majewsky V, Scherr C, Shah-Rossi D, Jäger T, Baumgartner S (2009). **Use of homeopathic preparations in phytopathological models and in field trials: a critical review.** *Homeopathy* 98(4):244–266

Bhuyan KK; Saikia GK; Deka MK; Phukan B; Barua SC (2017) **Effect of certain indigenous extracts against tea mosquito bug, *Helopeltis theivora* (Waterhouse) (Hemiptera: Miridae) in tea.** *International Journal of Chemical Studies* 5(3): 158-162

Borsatto RS, Carmo MS (2013) **A construção do discurso Agroecológico no Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST).** *Revista de Economia e Sociologia Rural* 51(4): 645-660

Borsatto RS, Carmo MS. **A Agroecologia como um campo científico.** *Revista Brasileira de Agroecologia* 8(2): 4-13

Burd M, Archer D, Aranwela N, Stradling DJ (2002) **Traffic Dynamics of the Leaf-Cutting Ant, *Atta cephalotes*.** *The American Naturalist*, 159(3):283–293

Burd M, Howard JJ. **Global optimization from suboptimal parts: foraging *sensu lato* by leaf-cutting ants.** *Behavioral Ecology and Sociobiology*, doi:10.1007/s00265-005-0029-4

Burubai W, Eribo M (2012) **Influence of Incubation Periods and Dosage on the Bioefficacy of Cow Urine against Melon Aphids (*Aphis gossypii*) and Pickleworms (*Diaphania hyalinata*) in Watermelon Cultivation.** *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 4(4):269-272

Campos RS, Mendonça AL, Cabral CR, Vaníčková L, Nascimento RR (2016). **Chemical and behavioural studies of the trail-following pheromone in the**



**leaf-cutting ant *Atta opaciceps*, Borgmeier (Hymenoptera: Formicidae).** *Journal of Insect Physiology* 86:25-31

Cavalca PAM, Santos CM, Reis B, Bonato MC (2011) **Isotherapeutic of *Culex* on the biological cycle of the mosquito *Culex* sp.** *Int J High Dilution Res* 10(36):259-262

Chauhan RS, Singhal OLOKESH SINGHAL (2006) **Harmful effects of pesticides and their control through cowpathy.** *International Journal of Cow Science* 2(1):61-70

Corrêa MM, Silva PSD, Wirth R, Tabarelli M, Leal IR (2016) **Foraging activity of leaf-cutting ants changes light availability and plant assemblage in Atlantic forest.** *Ecological Entomology* 41(4):442-450

Crewe RM, Blum MS (1972) **Alarm pheromones of the Attini: their phylogenetic significance.** *Journal of Insect Physiology* 18:31-42

De Britto JL, Forti LC, De Oliveira MA, Zanetti R, Wilcken CF, Zanuncio JC, Loeck AE, Caldato N, Nagamoto NS, Lemes PG, Camargo RS (2016) **Use of alternatives to PFOS, its salts and PFOSF for the control of leaf-cutting ants *Atta* and *Acromyrmex*.** *International Journal of Research in Environmental Studies* 3(2): 11-96

Della Lucia TMC, Gandra LC, Guedes RN (2014) **Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges.** *Pest Management Science* 70(1): 14-23

Dohm C, Leal IR, Tabarelli M, Meyer ST, Wirth R (2011) **Leaf-cutting ants proliferate in the Amazon: an expected response to forest edge?** *Journal of Tropical Ecology* 27(6): 645-649

Dougoud J, Toepfer S, Bateman M, Jenner WH (2019) **Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review.** *Agronomy for Sustainable Development* doi:10.1007/s13593-019-0583-1

Farji-Brener AG, Dalton MC, Balza U, Curtis A, Lemus-Domínguez, Fernández-Hilario R, Cárceres-Levi D (2018) **Working in the rain? Why leaf-cutting ants stop foraging when it's raining.** *Insectes Sociaux* 65(2):233-239

Francelino MR, Mendonça AL, Nascimento RR (2006) **The Mandibular Gland Secretions of the Leaf-Cutting Ants *Atta sexdens sexdens* and *Atta opaciceps* Exhibit Intercaste and Intercolony Variations.** *Journal Chemical Ecology* 32:643–656

Francelino MR, Mendonça AL, Nascimento RR, Mendonça FAC, Da Silva EL, De Freitas MDRT, Santana AEG, Freitas MR, Cyro R, Cabral JR, Silva CE, Ribeiro JHS (2008). **Polyethism and nestmate recognition in the alarm reaction of *Atta* leaf-cutting ants.** *Physiological Entomology* 33(1):37-42

Gbolagade AR, Yewande OK (2015) **Assessing the Traditional Practices for Pest Management in Farmers Cropping Systems in Oyo State, Nigeria.** *International Journal of Advancements in Research & Technology* 4(8): 28-39

Giesel A, Boff MIC, Gonçalves PAS, Boff P (2013), **Alexandre et al. Activity of leaf-cutting ant *Atta sexdens piriventris* submitted to high dilution homeopathic preparations.** *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 16(1):25-32

Giesel A, Boff MIC, Boff P (2012) **The effect of homeopathic preparations on the activity level of *Acromyrmex* leaf-cutting ants.** *Acta Scientiarum. Agronomy* 34(4): 445-451

Gliessman S (2016) **Transforming food systems with agroecology.** *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40(3): 187-189

Grass I, Lehmann K, Thies C, Tschardt T (2017) ***Insectivorous birds disrupt biological control of cereal aphids.*** *Ecology* 98(6):1583-1590

Gonçalves PAS (2007) **Preparados homeopáticos no controle de *Thrips tabaci* Lind (Thysanoptera: Thripidae) em sistema orgânico de cultivo de cebola.** *Revista de Ciências Agroveterinárias* 6:22-28

Gonzaga AD (2009) **Toxicidade de Urina de Vaca e da Manipueira de Mandioca Sobre Pragas Chaves do Abacaxi.** *Revista Brasileira de Agroecologia* 4(2):1565-1567

Hamilton N, Jones TH, Shik JZ, Bonnie W, Schultz TR, Blair HA, Haley A, Rachelle MMA (2018) **Context is everything: mapping *Cyphomyrmex*-derived compounds to the fungus-growing ant phylogeny.** *Chemoecology* 28:137-144

Hastenreiter IN, LOPES JFS, Camargo RS, Forti LC (2018) **Avoiding traffic jams: Hitchhiking behavior as a strategy to reduce ant workers' traffic on the foraging trail.** *Behavioural Processes* 157:54-58

Hernández JV, Cabreera A, Jaffe K (1999) **Mandibular gland secretion in different castes of the leaf-cutter ant *Atta laevigata*.** *Journal of Chemical Ecology* 25:2433-2444

Hernández JV, López H, Jaffé K (2002) **Nestmate recognition signals of the leaf-cutting ant *Atta laevigata*.** *Journal of Insect Physiology* 48:287-295

Holandino C, Leal FD, Barcellos BO, Campos MA, Oliveira R, Veiga VF, Garcia S, Zacharias CR (2007) **Sucussão Mecânica versus Sucussão Manual: um Estudo Comparativo do Comportamento Físicoquímico de Soluções Ultradiluídas e Dinamizadas.** *Cultura Homeopática* 19:31-32

Hölldobler B, Wilson EO (1990) **The ants.** Harvard, HU Press (Ed.), Cambridge, Massachusetts 732p.

Holt NC, Askew GN (2012) **Locomotion on a slope in leaf-cutter ants: metabolic energy use, behavioural adaptations and the implications for route selection on hilly terrain.** *Journal of Experimental Biology* 215:2545-2550

Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008) **Simultaneous Inference in General Parametric Models.** *Biometrical Journal* 50(3):346-363

Hughes WOH, Howse PE, Vilela EF, Goulson D (2001) **The response of grass-cutting ants to natural and synthetic versions of their alarm pheromone.** *Physiological Entomology* 26(2):165-172

Islam R, Mondal C, Hossain I, Meah B (2013) **Organic Management: An Alternative to Control Late Blight of Potato.** *International Journal of Theoretical & Applied Sciences* 5(2):32-42

Jandaik S, Thakur P, Kumar V (2015). **Efficacy of Cow Urine as Plant Growth Enhancer and Antifungal Agent.** *Advances in Agriculture* 1(1):1-7

Junior JSZ, Lazzarini AL, Oliveira AA, Rodrigues LA, Souza IIM, Andrikopoulos, Fornazier MJ, Costa AF (2017) **Manejo agroecológico de pragas: alternativas para uma agricultura sustentável.** *Intellecto* 3(3):18-34

Kassambara, A. **ggpubr: 'ggplot2' Based Publication Ready Plots.** R package version 0.2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=ggpubr>, 2019

Kumawat N, Shekhawat PS, Kumar R, Sanwal RC (2014) **Formulation of Biopesticides for Insect Pests and Diseases.** *Management in Organic Farming* 2(2):237-242

Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2014) **The Multiple Impacts of Leaf-Cutting Ants and Their Novel Ecological Role in Human-Modified Neotropical Forests.** *Biotropica* 46(5): 516-528

Liere H, Jha S, Philpott SM (2017) **Intersection between biodiversity conservation, agroecology, and ecosystem services.** *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41(7):723-760

Lobo-echeverri T, Salazar LN, Hernandez A, Ortiz-Reyes, A (2016) **Effects of *Capsicum baccatum* and *C. frutescens* against *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*.** *Revista Colombiana de Entomología* 42(2) 137-145.

Lopes JFL, Brugger MS, Menezes RB, Camargo RS, Forti LC, Vincent F (2016) **Spatio-Temporal Dynamics of Foraging Networks in the Grass-Cutting Ant *Atta bisphaerica* Forel, 1908 (Formicidae, Attini).** *Plos One* 11(1):1-15

Lourençato LB, Favaretto N, Hansel FA, Scheer AP, Junior LFLL, Souza LCD, Dieckow J, Buch AC (2014) **Effects on Water Quality of Pesticide use in Farmland Under Intensive Soil Management in Southern Brazil.** *International Journal of Plant and Soil Science* 5(3): 155-166

Luo D, Reid CR, Makinson JC (2019) **Route selection but not trail clearing are influenced by detour length in the Australian meat ants.** *Insects Sociaux* 66:47-56

Mandal UK (2015) **Image of Agroecology: Linking Theoretical Perspectives to Empirical Insights in Eastern Terai Region, Nepal.** *Journal of the Foundation of Practising Geographers* 19(2): 114-121

Mapeli NC, Santos RHS, Casali VWD, Cremon C, Longo L (2010) **Food deterrence in *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) induced by homeopathic solutions** *Revista Agrarian* 3(9):182-193

Martínez-Torres ME, Rosset PM (2014) **Diálogo de saberes in La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology María.** *The Journal of Peasant Studies* 41(6): 979-997

Mawtham MM, Gailce LJC, Sheeba JRS, Kumanan K (2019) **Oviposition deterrent and repellent activity of bio- inputs and insecticides against melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) in bitter gourd.** *The Pharma Innovation Journal* 8(6): 412-416

Mihale M, Deng AL, Selemani HO, Mugisha-Kamatenesi M, Kidukuli AW, Ojendo JO (2009) **Use of indigenous knowledge in the management of field and storage pests around Lake Victoria basin in Tanzania.** *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3(9):251-259

Meek D (2015) **The cultural politics of the agroecological transition.** *Agriculture and Human Values* 33(2): 275-290

Miranda K, Cunha M, Dores E, Calheiros, DF(2008) **Pesticide residues in river sediments from the Pantanal Wetland, Brazil.** *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 43:717-722

Mire GL, Nguyen ML, Fassotte B, Jardin P, Verheggen F, Delaplace P, Jijakli MH (2016) **Review: implementing plant biostimulants and biocontrol strategies in the agroecological management of cultivated.** *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 20(S): 1-15

Molina GM (2013) **Agroecology and necessity politics. how to get sustainability? About the Agroecology for and Sustainable Food a political Agroecology.** *Systems* 37:45-59

Moll K, Roces F, Federle W (2010) **Foraging grass-cutting ants (*Atta vollenweideri*) maintain stability by balancing their loads with controlled head movements.** *Journal of Comparative Physiology A* 196:471-480

Montoya-Lerma J, Giraldo-Echeverri C, Ambrecht I, Farji-Brener A, Calle Z (2012) **Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control.** *International Journal of Pest Management* 58(3):225-247

Nascimento L, Melnyk A (2016) **A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde.** *Revista Mangaio Acadêmico* 1(1):54-61

Nascimento RA, Nunoo DBO, Bizkarguenaga E, Schultes L, Zabaleta I, Benskin JP, Spanó S, Leonel J (2018) **Sulfluramid use in Brazilian agriculture: A source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) to the environment.** *Environmental Pollution* 242: 1436-1443

Naeem A, Khan SS, Ahmad H, Ali H (2018) **Determinants of 'preference of homeopathic to allopathic treatment'.** *Baqai Journal of Health Sciences* 21:23-30

Norman VC, Butterfield T, Drijfhout F, Tasman K, Hughes WHO (2017) **Alarm Pheromone Composition and Behavioral Activity in Fungus-Growing Ants.** *Journal of Chemical Ecology* 43(3):225–235

Norton V, Stevens-Wood B, Harris WE (2014) **Flexibility of Individual Load-mass Selection in Relation to Foraging Trail Gradient in the Leaf-cutter Ant *Acromyrmex octospinosus*.** *Journal of Insect Behavior* 27:370-384

Oka DN (2016) **Educational implementations of experiments in Green mustard (*Brassica juncea* L) production with cow urine for horticulture learning.** *Journal of science education* 17(1):39-42

Perna A, Latty T (2014) **Animal transportation networks.** *Journal of The Royal Society Interface* 11(100):1-13

Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, R Core Team (2018) **nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models** R package version 3.1-137, <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>. Accessed date: 11/12/2019

Pradhan SS, Verma S, Kumari S, Singh Y (2018) **Bio-efficacy of cow urine on crop production: A review.** *International Journal of Chemical Studies* 6(3): 298-301

**R Core Team: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. URL: <https://www.r-project.org/>, 2019

Reddy PP (2017) **Agro-Ecological Pest Management – An Overview.** *Agroecological Approaches to Pest Management for Sustainable Agriculture*, doi 10.1007/978-981-10-4325-3\_1

Roces F (2002) **Individual Complexity and Self-Organization in Foraging by Leaf-Cutting Ants.** *The Biological Bulletin* 202(3):306-313

Riley RG, Silverstein RM, Carroll B, Carroll R (1974) **Methyl 4-meth-ylpyrrole-2-carboxylate: a volatile trail pheromone from the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes*.** *Journal Insect Physiology* 20:651-654

Rosset PM, Martínez-Torres ME (2012) **Rural social movements and agroecology: context, theory, and process.** *Ecology and Society* 17(3):1-17

Rupp LCD, Boff MIC, Boff P, Gonçalves PAS, Botton M (2012) **High dilution of *Staphysagria* and fruit fly biotherapeutic preparations to manage South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus* in organic peach orchards.** *Biological Agriculture & Horticulture* 28(1):41–48

Ruchty M, Romani R, Kuebler LS, Ruschioni S, Roces F, Isidoro N, Kleineidam CJ (2009). **The thermo-sensitive sensilla coeloconica of leaf-cutting ants (*Atta vollenweideri*)** *Arthropod Structure & Development* 38(3):195–205

Santos G, Pontes MS (2013) **An exploration of the impact factor of brazilian publications in indexed journals on homeopathy and high dilutions applied in plants.** *Acta Biomedica Brasiliensia* 4(2): 21-34

Sarkar D (2008) **Lattice: Multivariate Data Visualization with R**. Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5. Accessed Date: 19/12/2019

Seeley TD, Camazine S, Sneyd J (1991) **Collective decision-making in honey bees: how colonies choose among nectar sources**. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 28:277-290

Schäfer RB (2019) **Responses of freshwater macroinvertebrates to pesticides – Insights from field studies**. *Current Opinion in Environmental Science and Health* 11:1-7

Snipstal B (2015) **Repeasantization, agroecology, and the tactics of food sovereignty**. *Canadian Food Studies* 2(2):164-163

Swanson AC, Schwendenmann L, Allen MF, Aronson EL, Artavia-León A, Dierick D, Fernandez-Bou AS, Harmon TC, Murillo-Cruz C, Oberbauer SF, Pinto-Tomás AA, Rundel PW, Zelikova TJ (2019) **Welcome to the Atta world: A framework for understanding the effects of leaf-cutter ants on ecosystem functions**. *Functional Ecology* 33: 1386–1399

Teixeira MZ (2011) **Evidências científicas da episteme homeopática**. *Revista de homeopatia* 74(2):33-56

Verheggen FJ, Haubruge E, Mescher MC (2010) **Alarm pheromones-chemical signaling in response to danger**. In: Litwack G (ed) *Vitamins & Hormones*. p 213-239

Warner KD (2008) **Agroecology as Participatory Science**. *Science, Technology, & Human Values* 33(6):754–777

Wezel A, Casagrande M, Celette F, Vian J, Ferrer A, Peigné J (2014) **Agroecological practices for sustainable agriculture. A review**. *Agronomy for Sustainable Development* 34(1):1-20

H. Wickham. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016

Wilson EO, Regnier FE (1971) **The evolution of the alarmdefense system in the formicine ants**. *American Naturalist* 105:279-289

Wyss E, Tamm L, Siebenwirth J, Baumgartner S (2010) **Homeopathic Preparations to Control the Rosy Apple Aphid (*Dysaphis plantaginea* Pass.)**. *The Scientific World Journal* 10:38-48

Zablotny JE (2009) **Sociality**. *Encyclopedia of Insects* 1(1):928-935

Zanetti R, Zanuncio J, Santos J, Silva W, Ribeiro G, Lemes P (2014) **An Overview of Integrated Management of Leaf-Cutting Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian Forest Plantations**. *Forests* 5(3): 439-454

## MATERIAIS SUPLEMENTARES

**Supl 1.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias de fluxo total de operárias nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira da trilha nas rotas superior e lateral da trilha. As comparações entre as médias do fluxo total foram executadas entre os tratamentos com aplicação da isopatia, homeopatia e grupos controle na mesma rota e entre as rotas de cada segmento marcado do ensaio experimental I

Segmento	Estimate	Error	z value	Pr(> z )
2presobre-1presobre	-0.018	0.033	-0.552	1.000
3presobre-1presobre	-0.051	0.034	-1.481	0.996
4presobre-1presobre	0.026	0.033	0.794	1.000
3presobre-2presobre	-0.032	0.034	-0.938	1.000
4presobre-2presobre	0.045	0.034	1.330	0.999
4presobre-3presobre	0.078	0.035	2.225	0.766
2prelat-1prelat	0.176	0.107	1.641	0.986
3prelat-1prelat	-0.333	0.08	-4.157	<0.01**
4prelat-1prelat	-0.103	0.089	-1.152	0.999
3prelat-2prelat	-0.509	0.093	-5.437	<0.01***
4prelat-2prelat	-0.279	0.101	-2.744	0.362
4prelat-3prelat	0.23	0.072	3.176	0.128
2barsobre-1barsobre	-0.026	0.035	-0.751	1.000
3barsobre-1barsobre	0.504	0.07	7.141	<0.01***
4barsobre-1barsobre	0.391	0.059	6.581	<0.01***
3barsobre-2barsobre	0.53	0.07	7.531	<0.01***
4barsobre-2barsobre	0.418	0.059	7.037	<0.01***
2barlat-1barlat	-0.188	0.103	-1.824	0.957
3barlat-1barlat	-0.785	0.084	-9.332	<0.01***
4barlat-1barlat	-0.703	0.083	-8.388	<0.01***
3barlat-2barlat	-0.597	0.069	-8.605	<0.01***
4barlat-2barlat	-0.515	0.069	-7.452	<0.01***
4barlat-3barlat	0.081	0.034	2.348	0.674
2possobre-1possobre	-0.035	0.035	-1.017	1.000
3possobre-1possobre	-0.009	0.037	-0.261	1.000
4possobre-1possobre	0.039	0.036	1.076	1.000
3possobre-2possobre	0.025	0.037	0.692	1.000
4possobre-2possobre	0.075	0.036	2.071	0.862
4possobre-3possobre	0.049	0.039	1.265	0.999
2poslat-1poslat	-0.081	0.116	-0.697	1.000
3poslat-1poslat	-0.323	0.104	-3.090	0.163
4poslat-1poslat	-0.386	0.1	-3.853	0.014*
3poslat-2poslat	-0.242	0.099	-2.437	0.602
4poslat-2poslat	-0.305	0.094	-3.221	0.113
4poslat-3poslat	-0.063	0.079	-0.794	1.000
1prelat-1presobre	0.578	0.065	8.810	<0.01***
2prelat-2presobre	0.773	0.081	9.525	<0.01***
3prelat-3presobre	0.296	0.036	8.048	<0.01***
4prelat-4presobre	0.448	0.056	7.965	<0.01***
1barlat-1barsobre	0.694	0.079	8.791	<0.01***
2barlat-2barsobre	0.533	0.062	8.570	<0.01***
3barlat-3barsobre	-0.594	0.062	-9.581	<0.01***

4barlat-4barsobre	-0.4	0.051	-7.786	<0.01***
1poslat-1possobre	0.756	0.084	8.954	<0.01**
2poslat-2possobre	0.71	0.076	9.239	<0.01***
3poslat-3possobre	0.442	0.057	7.728	<0.01***
4poslat-4possobre	0.33	0.05	6.498	<0.01***

**Legenda:** presobre = Segmento pré-barreira na rota superior da trilha; prelat = Segmento pré-barreira na rota lateral da trilha; barsobre = Segmento barreira na rota superior da trilha; barlat= Segmento barreira na rota lateral da trilha; possobre = Segmento pós-barreira na rota superior da trilha; poslat= Segmento pós-barreira na rota lateral da trilha. Os números que acompanham as referidas siglas se referem aos tratamentos 1- Controle Positivo; 2- Controle Negativo (Álcool 70%); 3 – Isopatia; 4- Homeopatia.

**Supl. 2.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias de fluxo total de operárias nos segmentos pré-barreira, barreira e pós-barreira da trilha nas rotas superior e lateral da trilha. As comparações entre as médias do fluxo total foram executadas entre os tratamentos com aplicação da urina de vaca 10%, homeopatia grupos controle na mesma rota e entre as rotas de cada segmento marcado do ensaio experimental I

Segmento	Estimate	Error	z value	Pr(> z )
5presobre-1presobre	-0.027	0.031	-0.891	1.000
6presobre-1presobre	-0.041	0.031	-1.318	0.994
6presobre-5presobre	-0.013	0.031	-0.438	1.000
5prelat-1prelat	0.015	0.092	0.17	1.000
6prelat-1prelat	-0.022	0.09	-0.251	1.000
6prelat-5prelat	-0.038	0.091	-0.418	1.000
5barsobre-1barsobre	-0.042	0.032	-1.300	0.995
6barsobre-1barsobre	0.075	0.038	1.991	0.794
6barsobre-5barsobre	0.118	0.037	3.122	0.094
5barlat-1barlat	-0.05	0.105	-0.477	1.000
6barlat-1barlat	-0.764	0.079	-9.581	<0.01***
6barlat-5barlat	-0.714	0.076	-9.343	<0.01***
5possobre-1possobre	-0.043	0.032	-1.347	0.993
6possobre-1possobre	-0.037	0.033	-1.103	0.999
6possobre-5possobre	0.006	0.033	0.204	1.000
5poslat-1poslat	-0.232	0.103	-2.252	0.6
6poslat-1poslat	-0.158	0.106	-1.480	0.981
6poslat-5poslat	0.073	0.093	0.787	1.000
1prelat - 1presobre	0.579	0.062	9.255	<0.01***
5prelat - 5presobre	0.623	0.063	9.747	<0.01***
6prelat - 6presobre	0.598	0.06	9.933	<0.01***
1barlat - 1barsobre	0.695	0.075	9.230	<0.01***
5barlat - 5barsobre	0.687	0.07	9.705	<0.01***
6barlat - 6barsobre	-0.144	0.022	-6.436	<0.01***
1poslat - 1possobre	0.757	0.08	9.399	<0.01***
5poslat - 5possobre	0.568	0.06	9.363	<0.01***
6poslat - 6possobre	0.635	0.066	9.519	<0.01***

**Legenda:** presobre = Segmento pré-barreira na rota superior da trilha; prelat = Segmento pré-barreira na rota lateral da trilha; barsobre = Segmento barreira na rota superior da trilha; barlat= Segmento barreira na rota lateral da trilha; possobre = Segmento pós-barreira na rota superior da trilha; poslat = Segmento pós-barreira na rota lateral da trilha.. Os números que acompanham as referidas siglas se referem aos tratamentos: 1- Controle Positivo; 5- Água; 6- Urina 10%.



**Supl. 3.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias da taxa de entrega de folhas com a aplicação dos extratos isopatia, homeopatia, urina de vaca 10% e os grupos controle registrada no segmento pré-barreira. As comparações entre a taxa de entrega de folhas foram executadas separadamente com o extrato da urina de vaca, que foi comparada com água e com o controle positivo, embora estejam representadas na mesma tabela.

<b>Interações</b>	<b>Estimate</b>	<b>Error</b>	<b>z value</b>	<b>Pr(&gt; z )</b>
Cont (-)/Cont (+)	-0.203	0.332	-0.613	0.928
Iso/Cont (+)	-0.874	0.332	-2.633	0.042 *
Hom/Cont(+)	-0.055	0.332	-0.166	0.998
Iso/Cont(-)	-0.67	0.332	-2.020	0.18
Hom/Cont (-)	0.148	0.332	0.447	0.97
Hom/ Iso	0.819	0.332	2.467	0.065 .
Água / Cont (+)	-0.558	0.333	-1.678	0.214
Urina / Cont (+)	-0.33	0.333	-0.993	0.582
Urina/ Água	0.228	0.333	0.686	0.772

**Legenda:** Água = Água; Cont (+) = Controle Positivo; Cont (-) = Controle Negativo; Iso = Isopatia; Hom = Homeopatia; Urina = Urina

**Supl. 4.** Valores do teste de comparações múltiplas (Teste de Tukey) entre as médias da proporções de discos foliares carregados com a aplicação dos extratos isopatia, homeopatia e urina de vaca 10% e os grupos controle nos testes de seleção do ensaio experimental II. As comparações das proporções de discos carregados entre os tratamentos foram feitas separadamente para cada um dos extratos, embora estejam representadas na mesma tabela. Cada número representa uma das 9 combinações realizadas durante os testes de seleção na trilha em Y.

Interações	Estimate	Error	z value	Pr(> z )
2 - 1	-0.216	0.102	-2.105	0.148
3 - 1	-1.726	0.144	-11.98	<0.001 ***
4 - 1	-0.688	0.109	-6.270	<0.001 ***
3 - 2	-1.509	0.147	-10.208	<0.001 ***
4 - 2	-0.471	0.114	-4.104	<0.001 ***
4 - 3	1.037	0.152	6.796	<0.001 ***
5 - 1	-0.238	0.099	-2.395	0.078 .
6 - 1	-0.231	0.099	-2.318	0.094 .
5 - 2	-0.029	0.105	-0.277	0.993
6 - 2	-0.022	0.105	-0.214	0.997
6 - 5	0.006	0.103	0.064	1.000
7 - 1	0.206	0.09	2.183	0.111
8 - 1	-3.775	0.343	-11.003	<0.001 ***
9 - 1	-1.703	0.143	-11.872	<0.001 ***
8 - 7	-3.981	0.342	-11.621	<0.001 ***
9 - 7	-1.910	0.142	-13.400	<0.001 ***
9 - 8	2.071	0.359	5.767	<0.001 ***

**Legenda:** 1 = Controle (+)/Controle (+); 2 = Controle (+)/Controle (-); 3=Controle (+)/Isopatia; 4 = Controle (-)/Isopatia; 5 = Controle (+)/Homeopatia; 6 = Controle (-)/ Homeopatia; 7 = Controle (+)/Água; 8 = Controle (+)/ Urina 10%; 9= Urina/Água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O papel do conhecimento tradicional e das práticas agroecológicas nos países em desenvolvimento vem ganhando reconhecimento nos currículos científicos. Deve-se levar em conta que esse conhecimento é oriundo de experiências, habilidades e tecnologias acumulados e transmitidos há milhares de anos, derivados da interação direta do ser humano com o meio natural em que se insere. O envolvimento dos camponeses no presente estudo foi extremamente importante na construção deste processo investigatório participativo, que envolveu diálogos coletivos de interpretação e mitigação de problemas acerca da vida no campo e no que diz respeito à polêmica relação com as formigas cortadeiras.

Ficou claro que os fatores socioeconômicos modulam as representações ambientais e práticas de controle sobre esses insetos, ressaltando particularmente como o acesso à educação e o conhecimento agroecológico protagonizaram essas interações externalizadas a partir dos métodos alternativos citados pelos camponeses. Por terem acesso à agroecologia, estes sujeitos apresentam opiniões e ações de manejo diferenciadas do que convencionalmente é conhecido, o que justifica o trocadilho presente no título desta dissertação.

Os testes experimentais realizados no capítulo II revelaram, em conjunto das muitas outras técnicas agroecológicas mencionadas no capítulo I, que os métodos agroecológicos tradicionais são uma alternativa viável de serem investidos em políticas públicas que incentivem a produção agroecológica e que promovam a autonomia e valorização dos camponeses quanto ao rico e complexo conhecimento reproduzido. Ressalta-se que o intuito da realização dos testes em laboratório focou em contribuir com a melhoria das práticas de controle de formigas cortadeiras utilizadas pelos camponeses.

O uso de iscas químicas no ADG não pode ser considerado uma contradição dos princípios defendidos dentro do MST. Na verdade eles são uma medida de emergência, visto que a exploração desenfreada quanto ao uso do solo pelos antigos proprietários da região contribuiu para a proliferação das formigas cortadeiras. Concluímos que a presente dissertação possa dar prosseguimento a outros estudos que também promovam avanços em novas formas e tecnologias sustentáveis para o controle de formigas cortadeiras, de forma a fortalecer a soberania e segurança alimentar de camponeses agricultores de produção familiar, além de desmistificar as concepções negativas sobre formigas cortadeiras. Além disso, como uma iniciativa de retorno ao ADG, promoveremos uma oficina integrativa que agregue com os valores e saberes interdisciplinares dos camponeses a partir da apresentação dos resultados da presente pesquisa além de uma troca de saberes sobre ecologia de formigas.

**ANEXO 1: FORMULÁRIO I: CARACTERIZAÇÃO SOCIAL DA (O) PARCEIRA (O)  
DE PESQUISA**

**Arquivo:**

**Informante:**

**Comunidade:**

**Data:**

**Sexo: ( ) M ( ) F**

**Idade:**

**Local de Origem:**

---

- 1) Quantas pessoas moram com o Sr(a) na tua casa/lote?
- 2) O Sr(a) nasceu aqui?
- 3) Sempre morou aqui?
- 4) Se não, onde o (a) Sr. (a) morou antes e desde quando mora aqui?
- 5) O Sr. pôde frequentar a escola? Por quanto tempo?
- 6) Quais as atividades que você faz e que garantem o sustento da família?
- 7) O Sr(a). recebe ou já recebeu algum benefício do governo?
- 8) O Sr(a). já teve a oportunidade de participar de algum curso ou outra atividade que te ensinou sobre técnicas de cultivo ou agricultura?
- 9) O Sr(a). já ouviu falar sobre a palavra Agroecologia?
- 10) Caso positivo, o que vem à cabeça do Sr(a). quando a gente fala sobre Agroecologia?

**ANEXO 2 : FORMULÁRIO II: CONHECIMENTO E TÉCNICAS DE  
CONTROLE/MANEJO DE FORMIGAS CORTADEIRAS**

**Arquivo:**

**Informante:**

**Comunidade:**

**Data:**

**Gênero: ( ) M ( ) F**

**Idade:**

**Local de Origem:**

---

- 1) O Sr. (a) tem na sua propriedade algum tipo de formiga?
- 2) Como elas são?
- 3) Como você à(s) chamam?
- 4) Qual a sua opinião sobre estas formigas? Por que?
- 5) Qual é a função das formigas cortadeiras na natureza pra você?
- 6) Você tem ou já teve algum problema com formigas cortadeiras nas suas plantações?
- 7) Qual é a época do ano em que mais se sofre por esses problemas?
- 8) Qual (is) é (são) a (s) planta (s) que as formigas cortadeiras mais atacam aqui?
- 9) E dessas plantas, qual parte dela é a mais afetada?
- 10) Você conhece alguma maneira que acabe com o problema das formigas?
- 11) Gostaria de saber qual (is) destas medidas de combate você usa ou já usou. Pode falar para a gente?
- 12) Onde e como você aplica esse método para solucionar esse problema?
- 13) De quanto em quanto tempo você utiliza esse método?
- 14) Como você sabe se o método funcionou?
- 15) O que acontece com as formigas quando você aplica seu (s) método (s)?
- 16) Com quem você aprendeu todo esse conhecimento?
- 17) O Sr. (a) conhece alguém na localidade que conhece muito sobre práticas de controle de formigas cortadeiras?

### ANEXO 3: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa Práticas tradicionais de controle para formigas cortadeiras conhecidas e utilizadas por agricultores e agricultoras familiares na Zona da Mata de Minas Gerais. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é **“a necessidade de se descobrir possíveis modos alternativos de combate das formigas cortadeiras que não sejam tão prejudiciais ao meio ambiente como os métodos já conhecidos, levando em consideração conhecimento tradicional rico e amplo que vocês agricultores possuem e que devem ser valorizados e respeitados”**. Nesta pesquisa pretendemos conhecer quais os métodos mais utilizados na prevenção e controle de formigas cortadeiras testar e avaliar a eficiência dos métodos relatados os quais envolvam a utilização de extratos vegetais em laboratório.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades com você: **“conversaremos sobre o que você conhece sobre as formigas, se já teve ou ainda tem algum problema com elas e como faz para tentar diminuir esse problema aqui na sua propriedade com as perguntas que a gente for fazendo para o Senhor (a). Depois disso, gostaria que, se pudesse, me mostrasse as plantas que você utiliza para fazer o controle nos formigueiros e se poderia mostrar onde ficam esses formigueiros. Se assim permitir, gravaremos a entrevista com um gravador de voz e posteriormente estaremos transcrevendo essa entrevista no computador para ajudar a guardar as informações que formos aprendendo em coletivo**. Esta pesquisa tem alguns riscos, que são: **o de constrangimento por estar conversando comigo sobre isso**. Mas, para diminuir a chance desses riscos acontecerem, **podemos manter sua identidade protegida criando pseudônimos (nomes criados por mim)**. A pesquisa pode ajudar **na troca de saberes que vocês possuem e na tentativa de se criar formas mais naturais no controle das formigas cortadeiras nas plantações que prejudiquem menos o meio ambiente**. **Isso faz com que se revele a importância do conhecimento que os agricultores têm sobre o assunto e potencialize a luta de reconhecimento desses saberes e da agroecologia**.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizemos com você nesta pesquisa, você tem direito a indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) Pesquisador (a)

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante