

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

GERMANO LOPES VINHA

**SULFLURAMIDA COMO INGREDIENTE ATIVO DE ISCAS FORMICIDAS NO
MANEJO DE FORMIGAS CORTADEIRAS.**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

GERMANO LOPES VINHA

**SULFLURAMIDA COMO INGREDIENTE ATIVO DE ISCAS FORMICIDAS NO
MANEJO DE FORMIGAS CORTADEIRAS.**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: Revisão de Literatura.**

Orientador: José Cola Zanúncio

**Coorientadores: Ricardo Alcántara de la Cruz
Angelica Rosa Plata**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

GERMANO LOPES VINHA

**ISCAS FORMICIDAS NO CONTROLE DE FORMIGAS CORTADEIRAS,
CONSIDERANDO A IMPORTÂNCIA DA SULFLURAMIDA COMO INGREDIENTE
ATIVO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: Revisão de Literatura.**

APROVADO:

Prof. José Cola Zanúncio

(orientador)

(UFV)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador, José Cola Zanúncio, pelo suporte e orientação durante a produção do trabalho. Agradeço aos meus coorientadores, Ricardo Alcantara e Angélica Plata, pelo apoio durante os últimos meses. Agradeço aos meus pais que me ajudaram a tornar possível o grande sonho de me tornar Engenheiro Agrônomo.

RESUMO

Plantios florestais no Brasil representam a quarta maior cultura em área plantada, mas formigas cortadeiras podem comprometer o estabelecimento e o desenvolvimento de culturas florestais. Formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* constituem as principais pragas em cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus*, sendo seu manejo essencial para o bom desempenho do setor florestal. Métodos de controle físico e biológico são inviáveis na supressão de colônias desses insetos. O controle químico é o método mais usado, com destaque para o uso das iscas formicidas com alta eficiência, fácil aplicação e baixo custo operacional. Iscas formicidas consistem de um veículo, geralmente polpa cítrica, e um ingrediente ativo. O dodecacloro foi o primeiro ingrediente ativo usado em larga escala em iscas formicidas no Brasil, tendo seu uso suspenso devido a sua natureza tóxica. A sulfluramida e o fipronil, este último em escala limitada, são os ingredientes ativos mais empregados em iscas formicidas. A sulfluramida tem características que favorecem o controle eficaz e seguro, não havendo outro ingrediente ativo com características semelhantes para substituí-la. A sulfluramida tem sido sujeita a questionamentos e propostas de proibição, mas este composto continua indispensável para o controle eficaz de formigas cortadeiras. Alternativas existentes não são eficazes para o controle de formigas cortadeiras e, por isto, o uso da sulfluramida como ingrediente ativo de iscas formicidas permanecerá por tempo indeterminado. O objetivo da revisão foi apontar as vantagens do uso de iscas formicidas no controle de formigas cortadeiras, além da importância do ingrediente ativo sulfluramida para o controle eficiente dessas pragas.

Palavras chaves: controle químico, formigas cortadeiras, iscas formicidas, sulfluramida.

Conteúdo

Conteúdo.....	VI
1.INTRODUÇÃO	7
2.DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1. Setor Florestal no Brasil	9
2.2. Formigas cortadeiras.....	9
2.3. Controle de Formigas Cortadeiras	12
2.4. Características das iscas formicidas	15
2.5. Sulfluramida como potencial fonte de Perfluorooctanosulfonate (PFOS)	19
2.6. Política de pesticidas do Conselho de Manejo Florestal	20
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
4. REFERÊNCIAS	23
.....	23

1.....I

INTRODUÇÃO

Plantios florestais no Brasil são a quarta maior cultura em área plantada com 7.600.974 ha (Moreira *et al.*, 2017), contribuindo para a balança comercial do país com cada hectare de árvore plantada, adicionando R\$ 7,8 mil ao PIB nacional (Martin, 2016). Em 2014, os produtos florestais contribuíram com 10,2% das exportações do agronegócio e 4,4% das exportações nacionais (Moreira *et al.*, 2017). No entanto, o estabelecimento de culturas florestais e o desempenho do setor são altamente afetados por formigas cortadeiras (Zanuncio *et al.*, 2016).

No Brasil, as formigas cortadeiras do gênero *Atta* e *Acromyrmex* constituem as principais pragas em cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus* (Zanuncio *et al.*, 2016). A divisão eficiente do trabalho dentro da colônia permite a manutenção da complexidade da estrutura e a coexistência de um alto número de indivíduos (Della Lucia *et al.*, 2014). As formigas cortadeiras são registradas como espécies engenheiras do meio ambiente, contribuindo com melhorias na estrutura do solo e ciclagem de nutrientes (Farji-Brener & Tadey, 2016; Della-Lucia *et al.*, 2014). Por outro lado, a elevada frequência de desfolhamento por formigas cortadeiras compromete a produção e o faturamento florestal, podendo tornar economicamente inviável a manutenção de áreas com elevadas ocorrências de desfolha (Matrangolo *et al.*, 2010). Empresas florestais enfrentam restrições de certificação, falta de agentes de controle e técnicas para manterem essas pragas abaixo do nível de dano econômico (Della-Lucia *et al.*, 2014).

Os métodos de controle de formigas cortadeiras envolvem: o controle físico, biológico e químico. Formulações de iscas consistem de um veículo (polpa cítrica desidratada) e de um ingrediente ativo sem repelência às formigas (Silva *et al.*, 2015). A atratividade do substrato utilizado como veículo é altamente determinante nas taxas de carregamento e eficiência das iscas, sendo a polpa cítrica a mais usada na fabricação (Della-Lucia *et al.*, 2014). O ingrediente ativo de iscas formicidas deve possuir ação tóxica retardada, não apresentar repelência, ser bem distribuído dentro da colônia, possuir estabilidade e apresentar baixa bioacumulação (Nagamoto *et al.*, 2007).

A sulfluramida tem o Perfluorooctano sulfonyl fluoride (PFOSF) como intermediário de sua fabricação (Gilljam *et al.*, 2016). O Plano Nacional de Implementação (NIP), da convenção de Estocolmo de 2015, incluiu esse composto no anexo B da mesma, sendo considerado como um poluente orgânico permanente, com

perspectivas de eliminação de seu uso (NIP, 2015b). A possibilidade de o uso de sulfluramida ser uma fonte de PFOS para o ambiente fez com que especialistas se reunissem para pesquisar seu comportamento e impactos no ambiente, além da busca por métodos de controle não químicos para formigas cortadeiras (NIP, 2015b). Em 2015, o FSC (Forest Stewardship Council – Conselho de Manejo Florestal) listou a sulfluramida e fipronil como pesticidas “altamente perigosos” (FSC, 2017). Devido à falta de alternativas eficazes para o controle de formigas cortadeiras, empresas certificadas recorreram a processos de derrogação, para a continuação do uso desses inseticidas (Zanuncio *et al.*, 2016). Portanto, o uso da sulfluramida continuará por tempo indeterminado.

Essa revisão tem como objetivo apontar as vantagens do uso de iscas formicidas no controle de formigas cortadeiras, além da importância do ingrediente ativo sulfluramida para o controle eficiente dessas pragas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Setor Florestal no Brasil

O Brasil ocupa a nona posição mundial em florestas plantadas com 2,67 % da produção mundial (FAO, 2015). Plantios florestais são a quarta maior cultura do Brasil com área plantada de 7.600.974 ha (Moreira *et al.*, 2017), contribuindo positivamente para a balança comercial do país. Em 2014, os produtos florestais contribuíram com 10,2% das exportações do agronegócio e com 4,4% das exportações nacionais (Moreira *et al.*, 2017).

Incentivos fiscais entre 1966 e 1988 contribuíram para a grande expansão dos plantios de espécies de rápido crescimento, principalmente as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (Kengen, 2001). Florestas plantadas no Brasil passaram a suprir a demanda da indústria de celulose e papel e carvão, posteriormente atendendo setores da produção de painéis e siderurgia (Moreira *et al.*, 2017).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBA, 2014), no ano de 2014 as áreas de reflorestamento no Brasil produziram 16,46 milhões de toneladas de celulose e papel, 7,98 milhões de m³ de painéis de madeira reconstituída e pisos laminados, 7,99 milhões de m³ de produtos sólidos de madeira e 4,29 milhões de toneladas de carvão vegetal. Estima-se que em 2014 cada hectare de árvore plantada adicionou R\$ 7,8 mil ao PIB nacional (Martin, 2016). No entanto, o estabelecimento de culturas florestais e o desempenho do setor são altamente afetados por formigas cortadeiras (Zanuncio *et al.*, 2016).

2.2. Formigas cortadeiras

Formigas cortadeiras do gênero *Atta* e *Acromyrmex* constituem as principais pragas em cultivos de *Eucalyptus* e *Pinus* (Zanuncio *et al.*, 2016). As principais espécies desses insetos em florestas plantadas no Brasil são *Atta laevigata*, *A. sexdens*, *A. sexdens rubropilosa*, *A. sexdens piriventris*, *Acromyrmex crassipinus*, *A. disciger*, *A. hispidus*, *A. lundi lundi*, *A. niger*, *A. rugosus rugosus*, *A. rugosus rochai*, *A. striatus*, *A. subterraneus subterraneus*, *A. subterraneus brunneus* e *A. subterraneus molestans* (Boaretto & Forti, 1997).

A colônia de formigas cortadeiras é formada pela rainha, machos e fêmeas aladas

que ocorrem em períodos reprodutivos e operárias. A divisão eficiente do trabalho dentro da colônia permite a manutenção da complexidade da estrutura e a coexistência de um alto número de indivíduos (Della-Lucia *et al.*, 2014). Espécies dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* possuem especialização na construção de ninhos, caracterizados pela parte externa e interna (Forti *et al.*, 2007).

Espécies do gênero *Atta* possuem as mais complexas colônias na tribo Attini (Forti *et al.*, 2007). Colônias desse gênero podem ser identificadas por montes cônicos de terra solta na superfície do solo, e pela presença de aberturas conhecidas como olheiros ao redor do monte de terra solta (Boaretto & Forti, 1997). Ninhos de espécies do gênero *Acromyrmex* possuem menor complexidade e tamanho, sendo de difícil identificação em solos com vegetação densa (Zanetti *et al.*, 2003).

Os gêneros *Atta* e *Acromyrmex* possuem em comum o cultivo do fungo Basidiomiceto *Leucoagaricus gongylophorus* como alimento, cultivado com vegetação fresca e caracterizando formigas cortadeiras (Della-Lucia *et al.*, 2014). Esse fungo fornece nutrientes assimiláveis a partir do material vegetal (Abramowski *et al.*, 2011), enquanto as formigas possuem mecanismos de limpeza e secreção de antibióticos para protegê-lo contra microorganismos (Fernández-Marín *et al.*, 2015).

2.2.1. Benefícios causados por formigas cortadeiras

Formigas cortadeiras são espécies engenheiras do meio ambiente, modulando diretamente e indiretamente a disponibilidade de recursos para outras espécies e causando mudanças físicas e químicas em materiais bióticos e abióticos (Lerma *et al.*, 2012). As formigas cortadeiras melhoram as características do solo, elevam a penetrabilidade e as concentrações de macro nutrientes dos mesmos e aumentam a disponibilidade de nutrientes para plantas vizinhas, entre outras vantagens (Farji-Brener & Tadey, 2016; Della-Lucia *et al.*, 2014).

A melhoria das características físicas do solo se dá pelo processo de construção, aumento e manutenção dos ninhos, melhorando a estrutura, porosidade e densidade do solo (Leal *et al.*, 2014). A melhoria na disponibilidade de nutrientes se dá pela coleta e concentração de material vegetal, resultando no depósito de grande quantidade de matéria orgânica rica em nutrientes nas cavidades da colônia (Brener & Tadey, 2009). Formigas cortadeiras podem acumular rejeitos ricos em nutrientes dentro e fora da colônia, favorecendo desde plantas pequenas com raízes superficiais até espécies de

grande porte com raízes profundas (Brener & Werenkraut, 2015). Rejeitos depositados dentro de câmaras do formigueiro apresentam maior estabilidade (Saha *et al.*, 2012), diferente daquela dos rejeitos depositados externamente, devido aos efeitos climáticos (Hudson *et al.*, 2009). A concentração de nutrientes em solos contendo ou não colônias pode sofrer grandes variações. Em amostras coletadas em campo, teores de Ca, Mg, P e K apresentaram aumento de 6-50 vezes em profundidades superiores a 40 cm. O acúmulo de matéria orgânica foi, também, maior nessas profundidades (Souto *et al.* 2008).

2.2.1. Danos causados por formigas cortadeiras

Estimativas globais tem mostrado que o prejuízo causado por formigas cortadeiras é superior a 1 bilhão de dólares (Della-Lucia *et al.*, 2014). Eucaliptais aos sete anos de idade podem ter sua produtividade reduzida entre 0,04 e 0,13 m³/ha para cada m² de terra solta de saúva (Souza *et al.*, 2011). Formigas cortadeiras da tribo Attini, presentes em todo território Brasileiro, consomem massa vegetal em quantidades superiores à das demais espécies de insetos e, mesmo, de mamíferos (Ramos *et al.*, 2013). Danos causados por essas formigas são agravados em ecossistemas de florestas plantadas. Empresas florestais detentoras de grandes áreas, principalmente com *Eucalyptus*, enfrentam restrições de certificação, falta de agentes de controle e técnicas para manterem essas pragas abaixo do nível de dano econômico (Della-Lucia *et al.*, 2014).

O aumento da área total de ninhos de saúvas em florestas plantadas é importante para estimar a influência negativa das formigas cortadeiras na produção de eucaliptais, sendo o nível de dano econômico entre 13,4 e 39,2 m³/ha, em *Eucalyptus* plantado em Minas Gerais (Zanuncio *et al.*, 2016). A elevada frequência de desfolhamento por formigas cortadeiras compromete a produção e o faturamento, podendo tornar economicamente inviável a manutenção de áreas com elevadas ocorrências de desfolha (Matrangola *et al.*, 2010).

Formigas cortadeiras causam maiores danos nos três primeiros anos de idade da planta, podendo causar perdas diretas devido à morte de mudas e redução do crescimento das árvores (Zanetti *et al.*, 2014). O consumo diário de folhas de eucalipto por uma colônia de *Acromyrmex* spp. pode variar entre 22,0 e 38,8 g, com desfolha de nove a 16 mudas diariamente (Moraes *et al.*, 2011). Um desfolhamento total, mesmo

que no início do plantio, pode reduzir o diâmetro e altura de plantas de *Eucalyptus grandis*, sendo o diâmetro mais afetado do que a altura (Matrangolo *et al.*, 2010). Plantas de *Pinus taeda* apresentaram perdas de 20% em diâmetro e 13,3% em altura, devido à desfolha severa após o primeiro mês de plantio (Filho *et al.*, 2011).

Os elevados danos por formigas cortadeiras se estendem a culturas como cacau, café, cana, palma de óleo e pastagem (Giraldo-Echeverri *et al.*, 2012). Portanto, o manejo de formigas cortadeiras é essencial para o Agronegócio Brasileiro (Britto *et al.*, 2016).

2.3. Controle de Formigas Cortadeiras

Os hábitos comportamentais, higiene, organização social, complexidade na estrutura da colônia e dificuldade de acesso ao fungos aumentam a dificuldade de controle das formigas cortadeiras (Giraldo-Echeverri *et al.*, 2012; Della-Lucia *et al.*, 2014). Os métodos de controle destes insetos envolvem o controle físico, biológico e químico (Zanetti *et al.*, 2014; Britto *et al.*, 2016).

2.3.1. Controle Físico

O controle físico de formigas cortadeiras é usado, particularmente, em pequenas áreas cultivadas, com presença de pequenas colônias e ninhos superficiais (Della-Lucia *et al.*, 2014). Esse método envolve principalmente práticas como a remoção das rainhas, que considera a sazonalidade do voo nupcial de cada região, sendo feita a escavação de montes recém-formados, removendo a rainha e prevenindo o crescimento da colônia (Zanetti *et al.*, 2014); a cobertura com compostos, que consiste na remoção da camada superficial do ninho, seguida da aplicação e incorporação de compostos orgânicos e inorgânicos (Giraldo-Echeverri *et al.*, 2012). Barreiras físicas, também, apresentam resultados de controle, apesar de necessitarem de constantes manutenções (Moressi *et al.*, 2007). Além da inviabilidade desses métodos em grandes áreas, estes apresentam um controle pontual, não prevenindo o reestabelecimento das colônias de formigas cortadeiras (Boulogne *et al.*, 2012).

2.3.2. Controle Biológico

A reduzida lista de ingredientes ativos autorizados para a fabricação de defensivos agrícolas nas formulações formicidas, os elevados custos dos ingredientes ativos e das operações de controle, além das exigências por produtos ambientalmente seguros, elevam a necessidade de investigar métodos de controle biológico para formigas cortadeiras (Rodrigues & Oliveira, 2015).

Insetos da família Phoridae compõe o maior grupo de agentes de controle biológico de formigas cortadeiras, cujas vespas com maior frequência de ataque pertencem aos gêneros *Apocephalus*, *Eibesfeldtphora* e *Myrmosciarius* (Della-Lucia *et al.*, 2014). Larvas de formigas foram parasitadas por vespas do gênero *Mimopria* (Hymenoptera: Diapriidae) em colônias de *Acromyrmex landolti* Forel (Araújo *et al.*, 2015), com taxa de parasitismo chegando a 12%, mas com baixo potencial para o controle biológico de espécies da tribo Attini.

O uso de patógenos contra formigas cortadeiras parece ser a tática mais promissora de biocontrole, com maior ênfase em *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) e *Beauveria bassiana* (Balsamo) (infectam diretamente as formigas) e de fungos do gênero *Escovopsis* (antagonistas do fungo cultivado) (Giraldo-Echeverri *et al.*, 2012; Verma *et al.*, 2007). Apesar do potencial, hábitos das formigas, como “auto-limpeza” dos operários, limpeza do substrato e remoção de contaminantes da colônia, secreção de compostos antibióticos das glândulas metapleurais e a produção de antibióticos por actinobactérias associadas ao integumento das formigas, limitam o uso de fungos no manejo de formigas cortadeiras (Mattoso *et al.*, 2011; Fernández-Marín *et al.*, 2015). A destruição de uma colônia de formigas cortadeiras por agentes de controle biológico é, altamente, improvável (Della-Lucia *et al.*, 2014).

2.3.3. Controle químico

O controle químico é o método mais usado e eficiente para o manejo de formigas cortadeiras. Os ingredientes ativos mais utilizados são sulfluramida, fipronil, deltametrina e clorpirifós (Brito *et al.*, 2016). Pó seco, fumigação e iscas granuladas são as principais formulações empregadas no controle de formigas cortadeiras (Boaretto & Forti, 1997).

Formulações de pó seco são bombeadas dentro da colônia através dos olheiros

maiores e ativos, sendo os organofosforados, carbamatos e clorpirifós os grupos químicos mais utilizados no controle de colônias rasas e pequenas em condições ambientais secas (Zanetti *et al.*, 2014). A principal limitação desse método é a baixa capacidade de alcançar a rainha e a colônia de fungos presentes em câmaras mais profundas (Della-Lucia *et al.*, 2014). Sua baixa eficiência impede que essa formulação seja empregada como principal método de controle em grandes áreas de cultivo (Britto *et al.*, 2016).

Fumigantes são uma alternativa com termonebulizadores que, através do aquecimento do diesel ou óleo mineral, geram fumaça como veículo para o inseticida (Della-Lucia *et al.*, 2014). A aplicação deve ser feita diretamente em olheiros ativos, até que ocorra a saturação (Boareto *et al.*, 1997). Piretroides e clorpirifós são os químicos mais utilizados em formulações concentradas nebulizáveis para o controle de formigas cortadeiras (AGROFIT, 2017). O fumigante deve ser aplicado com pressão adequada, por essa variável influenciar, diretamente, no alcance do produto dentro da colônia, além de elevar as chances de contaminação do solo (Bollazzi *et al.*, 2014). Este método apresenta níveis de controle entre 82% e 100% para as principais espécies de formigas cortadeiras. No entanto, as dificuldades técnicas e operacionais desse método, além de apresentar elevada toxicidade, inviabilizam seu uso (Britto *et al.*, 2016).

O uso de iscas granuladas é o método químico mais empregado no controle de formigas cortadeiras em plantios florestais (Zanetti *et al.*, 2014). A formulação das iscas consiste de um veículo (polpa cítrica desidratada) e de um ingrediente ativo sem ação de repelência às formigas (Silva *et al.*, 2015). As iscas podem ser aplicadas de forma localizada ou sistemática (independente da localização do ninho), com fins de redução de custo (Reis *et al.*, 2015). A aplicação sistemática envolve a possibilidade de ser feita de forma mecanizada, proporcionando um desempenho de até 19,38 ha/dia, enquanto o controle manual atinge cerca de 5 ha/dia (Reis *et al.*, 2009). As iscas são coletadas e transportadas para o interior da colônia, contaminando o jardim de fungos e resultando na falta de alimento e colapso da colônia (Della-Lucia *et al.*, 2014). A paralização das atividades do formigueiro, superiores a 90%, já pode ser observada a partir do terceiro dia de uso (Zanetti *et al.*, 2004). O emprego de iscas tóxicas é mais seguro, prático e econômico (Zanetti *et al.*, 2014), além de ser o método mais sensato considerando a arquitetura das colônias, visto que as iscas são transportadas e distribuídas uniformemente nas câmaras, pelas próprias formigas (Britto *et al.*, 2016).

2.4. Características das iscas formicidas

A compreensão dos hábitos alimentares das formigas é essencial para se desenvolver iscas com características ideais para o controle. Entre os processos envolvidos no preparo do substrato, o ato de lambrar o material envolve o maior tempo gasto (Diniz & Bueno, 2010), visando retirar camadas de cera e impurezas deletérias e garantir a integridade do jardim de fungos. A resistência física das iscas torna seu processamento mais demorado, além de empregar maior número de operárias (Silva *et al.*, 2015), contribuindo na contaminação das jardineiras em alto número, além da contaminação do jardim de fungos.

A atratividade do substrato utilizado como veículo é altamente determinante nas taxas de carregamento e eficiência das iscas (Della-Lucia *et al.*, 2014). Polpa cítrica é o substrato mais usado, embora testes, empregando folhas de capim jaraguá e cana de açúcar, apresentaram atratividade superior em relação às iscas de polpa cítrica, para *Atta bisphaerica* (Lima *et al.*, 2003). Iscas com polpa do fruto de jatobá, também, apresentaram elevada atratividade para saúva limão (Teixeira & Santos, 2008). O uso de ferormônios de trilha e alarme impregnados em porta iscas, com o objetivo de aumentar a taxa de carregamento, apresentou baixa eficácia em campo (Della-Lucia *et al.*, 2014). Apesar de substâncias diversas se mostrarem atrativas, diferentemente da polpa cítrica, a atratividade se limita a curtas distâncias e não são atraentes a um grande número de espécies que atacam dicotiledôneas (Britto *et al.*, 2016). Formigas selecionam cargas que maximizam a taxa líquida de recursos transferidos para o ninho (Rudolph & Loudon, 1986) e, por isto, deve-se comparar a massa média das cargas vegetais transportadas pela espécie, com o diâmetro e formato dos grânulos, a fim de facilitar o carregamento (Lima *et al.*, 2003).

Ingrediente ativo adequado para o uso em iscas tóxicas deve possuir ação tóxica retardada, causar contaminação do maior número possível de formigas (Nagamoto *et al.*, 2004, 2007), não apresentar repelência, possibilitando elevado carregamento e baixa devolução (Nagamoto *et al.*, 2004), ser bem distribuído dentro das colônias, atingindo maior número de compartimentos da colônia (Forti *et al.*, 2007), possuir estabilidade quando exposto ao ambiente (Cameron, 1990), apresentar baixa bioacumulação no meio ambiente (Nagamoto *et al.*, 2004).

Testes envolvendo ingredientes ativos inseticidas como, clorpirifos, cipermetrina, deltametrina, silafluofeno e imadacilprid, apresentaram baixa eficácia no controle de

formigas, devido à elevada ação por contato, rápida ação inseticida e rejeição pelas formigas (Britto *et al.*, 2016). Feniltroton e hidrametilnon apresentam rápida degradação no ambiente, sendo esse seu fator limitante. As avermectinas, lactonas macrocíclicas, obtidas de *Streptomyces avermitili*, apresentam baixo risco ambiental (Antunes *et al.*, 2000) e capacidade de causar esterilidade em rainhas de *Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Antunes *et al.*, 2005). Porém, essas substâncias, que levam 10 semanas para suprimir a colônia, tem baixa estabilidade e elevada fotodegradação, além de as operárias de formigas cortadeiras se mostrarem capazes de se desintoxicarem (Nagamoto *et al.*, 2004). Portanto, as avermectinas são pouco promissoras para o uso em iscas. A sulfluramida é o ingrediente ativo mais eficaz e empregado no controle de formigas cortadeiras (Zanetti *et al.*, 2014).

2.4.1. Organoclorados

Ingredientes ativos, do grupo químico dos organoclorados, foram os primeiros a serem usados em iscas formicidas, com destaque para o dodecacloro (Britto *et al.*, 2016). Os primeiros trabalhos experimentais realizados no Brasil com dodecacloro ocorreram em 1964, utilizando iscas importadas (Amante, 1968), com sucesso no controle de formigas devido a sua alta persistência e baixa toxicidade contra formigas forrageadoras (Antunes *et al.*, 2000). O uso desse ingrediente ativo teve seu uso aumentado a partir de 1970, com políticas de estímulo de crédito agrícola e de novas tecnologias (Ruegg *et al.*, 1991). Até 1993, no Brasil foi usado predominantemente iscas com 0,45% de dodecacloro, 8,5% de óleo de soja e 91,5% do veículo polpa cítrica (Boaretto & Forti, 1997). Além de possuir as características ideais para o controle de formigas cortadeiras, o dodecacloro atinge operários de diversas classes, sendo altamente incorporado na colônia de fungos (Peregrine & Cherrett, 1974). Em testes de campo, iscas com dodecacloro foram altamente eficazes, com taxas de controle entre 90 e 100% para as principais espécies de saúvas e quenquéns (Zanuncio *et al.*, 1996).

Os organoclorados possuem natureza tóxica e cumulativa (Kasemodel *et al.*, 2014), devido a sua estabilidade química, baixa solubilidade em água e alta capacidade de adsorção na matéria orgânica com acúmulo desse composto na cadeia alimentar (Wnuk *et al.*, 2015). Os riscos desse ingrediente ativo levaram ao cancelamento de seu registro nos Estados Unidos em 1977 (Vander Meer *et al.*, 1985). Em 1985, foi banido no Brasil (Lerma *et al.*, 2012), mas seu uso se estendeu até 1993 pela falta de

ingredientes ativos com eficiência semelhante para formigas cortadeiras (Britto *et al.*, 2016).

2.4.2. Sulfluramidas

A sulfluramida é um ingrediente ativo do grupo químico das sulfonas fluoralfáticas e, quando presente no corpo, é quebrada formando, principalmente, o perfluototano sulfonamida. Esse composto atua no processo de fosforilação oxidativa, interrompendo a produção de ATP na mitocôndria, diferentemente do dodecacloro que atua no sistema nervoso das formigas (Schnellmann & Manning, 1990). Os sintomas característicos de intoxicação de formigas cortadeiras por sulfluramida são movimentos lentos e redução da agressividade das operárias, com interrupção na produção de ATP e redução no metabolismo, causando a morte das operárias de formigas cortadeiras (Boaretto & Forti, 1997).

A confirmação da eficácia da sulfuramida permitiu a substituição do dodecacloro a partir de 1993 (Britto *et al.* 2016). Atualmente, é o ingrediente ativo com as características pretendidas para o uso em iscas formicidas. A sulfluramida possui ação tóxica lenta, dentro de um amplo intervalo de concentração, variando de 10 a 99 vezes (Nagamoto *et al.*, 2004). Inseticidas com essa característica não são frequentes (Britto *et al.* 2016). A sulfluramida apresentou controle eficaz de formigas cortadeiras do gênero *Atta* e *Acrormymex*, com adequada atratividade e controle entre 90% e 100% (Zanetti *et al.*, 2004, 2015). Apesar de a dose recomendada para o controle de ambos os gêneros ser de 10g/m² de solo solto (Zanuncio *et al.*, 2016), dosagens de 4, 6, 8 e 10 g/m² apresentaram 100% de eficiência no controle de *A. laticeps nigrosetosus*, causando paralisação completa dos saúveiros 30 dias após aplicação das iscas (Zanuncio *et al.*, 1999).

Após as operárias forrageadoras transportarem a isca para o interior da colônia e distribuí-la no jardim de fungos, duas ou mais operárias responsáveis pelo jardim de fungos lambem as iscas até serem hidratadas (Fowler *et al.*, 1991). Após seis horas dentro do ninho, as iscas são cortadas em pequenos pedaços e incorporadas ao jardim de fungos, quando 70% das operárias já se contaminaram (Boaretto *et al.*, 1993). Após o terceiro dia, a colônia se encontra em desordem e as atividades de forrageamento e corte são suspensas, as jardineiras apresentam elevada mortalidade e as operárias que não foram contaminadas irão eventualmente morrer por falta de alimento (Britto *et al.*

2016). A cultura de fungos sofre grande desorganização após o quarto dia, não sendo possível sua recuperação (Britto *et al.*, 2016). A rainha é a única que sobrevive até 40 dias após aplicação da isca (Boaretto *et al.*, 1993).

¹Trabalhos realizados no município de Porto Firme, Minas Gerais, com a isca Grão Verde AG (sulfluramida 0,3%), mostraram a eficácia dessa isca no controle de *Acromyrmex landolti*, *Acromyrmex subterraneus subterraneus* e *Atta bisphaerica*, na dosagens 8 e 10; 6, 8 e 10; e 8 e 10 g/m² de formigueiro, respectivamente, em condições de campo. A sulfluramida é usada desde 1993 no controle de formigas cortadeiras, apresentando até o momento controle eficaz dessas três espécies. Tais resultados reforçam a importância da sulfluramida em iscas formicidas para o controle de formigas cortadeiras.

A sulfluramida é entre os ingredientes ativos registrados no Brasil, o único com características para um controle eficaz e seguro, não havendo ingrediente ativo com características semelhantes para substituí-la (Forti *et al.*, 2007; Nagamoto *et al.*, 2004).

2.4.3. Fipronil

O fipronil, um princípio ativo do grupo químico fenil pirazol, é um inseticida usado em baixas concentrações (0,01% ou 0,001%) e não persistente no meio ambiente (Harris *et al.*, 2000). Atua por ingestão e contato, possuindo ação neurotóxica, bloqueando a transmissão de sinais de células nervosas pela inibição do neurotransmissor ácido gama-aminobutírico (GABA), causando hiperexcitação neural e levando o inseto a morte. Fipronil foi constatado como um ingrediente ativo de elevado poder inseticida, causando elevada mortalidade em operárias de *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) na concentração de 0,00001% (Nagamoto *et al.*, 2004).

Testes de laboratório com o Fipronil no controle de *Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Forel, 1893) mostraram redução de forrageamento 24 horas após a oferta da isca e supressão da colônia em quatro dias (Gandra *et al.*, 2016). Este estudo concluiu, também, que o fipronil atua de maneira semelhante à sulfluramida, afetando principalmente as operárias jardineiras, comprometendo o cuidado com o jardim de

¹ Trabalho em andamento na Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. zanuncio@ufv.br.

fungo, resultando na falta de alimento e colapso da colônia. No entanto, as rainhas não apresentam alterações no sistema reprodutivo (Gandra *et al.*, 2016). Testes de campo para o controle de *Atta capiguara* Gonçalves (Hymenoptera: Formicidae) com iscas de fipronil (0,003%), na dose de 10 g/m² de solo solto, mostraram eficiência de, apenas, 50%, não sendo eficaz no controle dessa espécie (Forti *et al.*, 2013).

Fipronil em alguns casos pode influenciar negativamente a atratividade e, conseqüentemente, o carregamento das iscas, além de se mostrar pouco eficiente para o controle de formigas cortadeiras de gramíneas (Forti *et al.*, 2013). Iscas contendo fipronil no Brasil são registradas apenas para o controle de algumas espécies pragas de dicotiledôneas, não havendo registro de iscas para controle em monocotiledôneas (Britto *et al.*, 2016). Diferentemente da sulfluramida, fipronil apresenta ação retardada, apenas, quando usado dentro de um pequeno intervalo de concentrações (Nagamoto *et al.*, 2004).

A inconsistente eficiência de controle apresentada pelo fipronil e sua ineficiência em controlar um amplo número de espécies de formigas cortadeiras contribuem para que esse princípio ativo não seja o mais eficaz para o manejo em plantios florestais, onde se encontram diversas espécies com colônias de diversos tamanhos (Britto *et al.*, 2016).

2.5. Sulfluramida como potencial fonte de Perfluorooctanosulfonate (PFOS)

O Plano Nacional de Implementação (NIP) da Convenção de Estocolmo tem como objetivo reduzir os efeitos dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) para o meio ambiente e para a saúde humana (ME-Brazil, 2015a). Pela decisão SC-4/17, o Perfluorooctano sulfonyl fluoride (PFOSF), intermediário na fabricação da Sulfluramida, foi incluído no anexo B (POPs com usos restritos, com perspectivas de serem eliminados) pela Convenção de Estocolmo em 2015 (Gilljam *et al.*, 2016). O Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) reuniu especialistas em formigas cortadeiras e membros do setor industrial, para conduzir estudos sobre comportamento da sulfluramida no ambiente, impacto no solo e água subterrânea e medidas de controle para sua implementação (ME-Brazil, 2015b). Espera-se identificar a concentração de PFOS liberado durante o uso de iscas à base de sulfluramida no meio ambiente.

O uso de métodos de controle ‘não químicos’ vem sendo estudado em fase inicial de teste, além do MAPA já ter informado que no Brasil não existe um produto

alternativo para sulfluramida (NIP, 2015b). Fipronil possui registro para iscas formicidas; apesar de não ser um poluente orgânico permanente, apresenta maior toxicidade aguda para mamíferos, peixes e abelhas do que a sulfuramida (UNEP, 2012). Portanto, o uso de sulfluramida na formulação de iscas continuará por tempo indeterminado.

2.6. Política de pesticidas do Conselho de Manejo Florestal

A política do FSC (Forest Stewardship Council – Conselho de Manejo Florestal), um dos mais importantes sistemas de certificação florestal reconhecido internacionalmente (Basso *et al.*, 2011), se baseia na redução do uso de pesticidas altamente perigosos em florestas certificadas, sendo possível a abertura de derrogações quando não há alternativas (FSC 2017). Em 2015, a sulfluramida e o fipronil foram listados como pesticidas “altamente perigosos” da FSC (Zanuncio *et al.*, 2016). Como consequência, empresas do ramo florestal enfrentam constantes dificuldades em encontrar alternativas eficazes para o controle de formigas cortadeiras (Lerma *et al.*, 2012; Della Lucia *et al.*, 2014). A proibição desses dois princípios ativos se deve a sua toxicidade aguda a mamíferos e pássaros. Processos de derrogação abertos pelas empresas certificadas permitem que inseticidas listados como “altamente perigosos” sejam usados temporariamente até 2021, desde que as recomendações da FSC sejam seguidas, sendo importante se estudar a redução de iscas usadas e o efeito sobre organismos não alvos (Zanuncio *et al.*, 2016).

A redução da quantidade de iscas formicidas aplicadas pode ser obtida com planos de amostragem, determinando o padrão de distribuição dos ninhos e escolhendo a melhor forma de aplicação das iscas (Silva *et al.*, 2013). No monitoramento do controle de saúveiros é ideal que se inclua uma faixa de segurança de combate de até 50 m em volta dos plantios, garantindo o controle de ninhos nos arredores do plantios (Anjos *et al.*, 2014). O controle eficaz das formigas antes do estabelecimento da floresta é primordial para uma posterior redução no uso de iscas durante as diferentes fases de desenvolvimento da floresta (Zanuncio *et al.*, 2016). *Acromyrmex crassispinus* e *A. subterraneus subterraneus*, ativas durante a primavera e verão, não apresentam atividade de forrageamento em temperaturas abaixo de 10°C (Nickele *et al.*, 2016), comprovando a importância de fatores ambientais no uso eficaz das iscas.

Empresas reflorestadoras passaram a utilizar o cultivo mínimo em seus plantios,

dificultando a localização dos formigueiros, adotando conseqüentemente o combate sistemático na área (Zanetti *et al.*, 2003). No entanto, o controle sistemático causa grande impacto na fauna não-alvo (Ramos *et al.*, 2003), sendo recomendado pelo FSC que este método de controle seja descartado. O uso de porta iscas (recipiente de polietileno) é uma alternativa para evitar a morte acidental de organismos não alvos e que possam atuar no controle biológico das formigas cortadeiras, além de proteger as iscas contra degradação (Forti *et al.*, 1997; Zanuncio *et al.*, 2016).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Formigas cortadeiras são pragas dominantes em plantios florestais no Brasil, sendo indispensável seu manejo eficaz. Métodos de controle biológico e outros não-químicos não apresentam a eficácia necessária em áreas de plantio de larga-escala, sendo os métodos químicos os mais adotados, principalmente os uso de iscas formicidas a base de sulfluramida. Apesar dos crescentes questionamentos e propostas de proibição desse ingrediente ativo, o uso da sulfluramida é indispensável para o controle eficaz de formigas cortadeiras, pois não existe substituto para seu uso.

4. REFERÊNCIAS

- Abramowski D, Currie CR, Poulsen M (2011) Caste specialization in behavioral defenses against fungus garden parasites in *Acromyrmex octospinosus* leaf-cutting ants. *Insectes Sociaux*, 58(1): 65–75.
- Amante E (1968) Emprego de nova isca à base de dodecacloro (Mirex 0,45%) no combate à formiga saúva: *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 e *Atta laevigata* (F. Smith, 1858) - (Hymenoptera-Formicidae). *O Biológico*, 34(1): 123–128.
- Antunes EC, Guedes RNC, Della Lucia TMC & Serrão JE (2000) Sub-lethal effects of abamectin suppressing colonies of the leaf-cutting and *Acromyrmex subterraneus subterraneus*. *Pest Management Science*, 56(1): 1059–1064.
- Antunes EC, Della Lucia TMC, Guedes RNC & Serrão JE (2005) Abamectin-driven alterations on queen ovaries of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 45(1): 163–72.
- Araújo MS, Rodrigues CA, Oliveira MA & Jesus FG (2015) Controle biológico de formigas-cortadeiras: o caso da predação de fêmeas de *Atta* spp. por *Canthon virens*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 2(3): 8–12.
- Basso VM, Jacovine LAG, Alves RR, Valverde SR, Silva FL & Brianezi D (2011) Evaluation of the influence of forest certification in compliance with environmental legislation in forest plantations. *Revista Árvore*, 35(4): 835–844.
- Boaretto MAC, Forti LC (1997) Perspectivas no controle de formigas cortadeiras. *Série Técnica IPEF*, 11(30): 31–46.
- Bollazzi M, Forti LC, Moreira S & Roces F (2014) Efficiency and soil contamination during underground application of insecticides: Control of leaf-cutting ants with thermal foggers. *Journal of Pest Science*, 87(1): 181–89.
- Boulogne I, Lafontaine HO & Merciris GL (2012) Leaf-cutting ants, biology and control. *Sustainable Agriculture Reviews*, 11(1): 1–29.
- Brener AGF & Tadey M (2009) Contributions of leaf-cutting ants to soil fertility: causes and consequences. *Soil Fertility*, 6(1): 81–91.
- Brener AGF, Werenkraut V (2015) A meta-analysis of leaf-cutting ant nest effects on soil fertility and plant performance. *Ecological Entomology*, 40(2): 150–158.
- Britto JS, Forti LC, 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(1): 11–92.
- Cameron RS (1990) Potential baits for control of the Texas leaf culling ant, *Atta texana* (Hymenoptera: Formicidae). In: Vander Meer RK, Jaffe K, Cedeno A (Eds.) Applied myrmecology a world perspective. Universidade de Michigan. p.628–637.
- Della-Lucia TMC, Gandra LC, Guedes RNC (2014) Managing leaf-cutting ants: peculiarities, trends and challenges. Pest Management Science, 70(1): 14–23.
- Diniz EA & Bueno OC (2010) Evolution of substrate preparation behaviors for cultivation of symbiotic fungus in Attine ants (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Insect Behavior, 23(1): 205–214.
- Fernández-Marín H, Nash DR, Higginbotham S, Estrada C, Zweden JS, d’Ettorre P, Wcislo WT & Boomsma JJ (2015) Functional role of phenylacetic acid from metapleural gland secretions in controlling fungal pathogens in evolutionary derived leaf-cutting ants. Proceedings of the Royal Society B, 282(1): 20150212.
- Filho WR, Santos F, Strapasson P & Nickele MA (2011) Danos causados por diferentes níveis de desfolha artificial para simulação do ataque de formigas cortadeiras em *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. Pesquisa Florestal Brasileira, 31(65): 37–42.
- Forest Stewardship Council (2017) FSC Pesticide Policy. Disponível em <<http://pesticides.fsc.org/about>> acessado em: 02 Abril 2017.
- Forti LC, Pretto DR, Nagamoto NS, Padovani CR, Camargo RS & Andrade APP (2007) Dispersal of the delayed action insecticide sulfluramid in colonies of the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, 50(3): 1149–63.
- Forti LC, Nagamoto NS, Ramos VM, Protti de Andrade AP, Lopes JF, Camargo RS, Moreira AA & Boaretto MAC (2013) Eficiencia de sulfluramida, fipronil y clorpitifos como sebos en el control de *Atta capiguara* Gonçalves (Hymenoptera: Formicidae). Pasturas Tropicales, 25(3): 28–35.
- Fowler HG, Forti LC, Brandão CRF, Delabie JHC & Vasconcelos HL (1991) Ecologia das interações inseto/planta In. Panizzi AR & Parra JRP (Eds.). Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo. p. 101–129. .
- Gandra LC, Amaral KD, Couceiro JC, Della Lucia TMC & Gudes RNC (2016) Mechanism of leaf-cutting ant colony suppression by fipronil used in attractive toxic baits. Pest Management Science, 72(8): 1475–81.
- Gilljam JL, Leonel J, Cousins IT & Benskin JP (2016) Additions and correction to is ongoing sulfluramid use in South America a significant source of perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production Inventories, environmental fate, and local occurrence.

- Environmental Science Technology, 50(2): 653–659.
- Harris RJ, Ress JS & Toft RJ (2000) trials to eradicate infestations of the argentine ant, *linepithema humile* (Hymenoptera : Formicidae), in New Zealand. Land Care Research, 6(1): 67–74.
- Kasemodel MC, Porto ALM & Nitschke M (2014) Biodegradação bacteriana de compostos organoclorados. Quimica Nova, 37(8): 1351–1356.
- Kengen S (2001) A política florestal brasileira: uma perspectiva histórica. Porto Seguro, 34(1): 18–34.
- Lerma JM, Echeverri CG, Ambrecht I, Brener AF, Calle Z (2012) Leaf-cutting ants revisited : Towards rational management and control. International Journal of Pest Management, 58(3): 225–247.
- Lima CA, Della Lucia TMC, Guedes RNC & Veiga GCE (2003) Desenvolvimento de iscas granuladas com atraentes alternativos para *Atta bisphaerica* Forel, (Hymenoptera: Formicidae) e sua aceitação pelas operárias. Neotropical Entomology, 32(3):497–501.
- Martin C (2016) Setor de florestas plantadas fortalece-se no agronegócio nacional. O Papel, 10(1): 38–45.
- Mattoso TC, Moreira DDO & Samuels RI (2011) Symbiotic bacteria on the cuticle of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus* protect workers from attack by entomopathogenic fungi. Biology Letters, 8(1): 461–464.
- Matrangolo CAR, Castro RVO, Della Lucia TMC, Della Lucia RM, Mendes AFN, Costa JMFN & Leite HG (2010) Crescimento de eucalipto sob efeito de desfolhamento artificial. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 45(9): 952–957.
- Morais WCC, Anjos N & Della Lucia TMC (2011) Consumo foliar de *Eucalyptus* spp. por *Acromyrmex disciger* (Mayr, 1887) (Hymenoptera: Formicidae). EntomoBrasilis, 4(2): 73–74.
- Moreira JMMAP, Simioni FJ & Oliveira EB (2017) Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. Floresta, 47(1): 85–94.
- Moressi M, Neto AM, Crepaldi RA, Carbonari V, Demétrio MF & Silvestre R (2007) Eficiência do controle mecânico de formigas cortadeiras (*Atta laevigata*) no reflorestamento com espécies nativas. O Biológico, 69(2): 471–473.
- Nagamoto NS, Forti LC, Andrade APP, Boaretto MAC & Wilcken CF (2004) Method for the evaluation of insecticidal activity over time in *Atta sexdens rubropilosa* workers (Hymenoptera: Formicidae). Sociobiology, 44(2): 413–431.
- Nagamoto NS, Forti LC & Raetano CG (2007) Evaluation of the adequacy of diflubenzuron

- and dechlorane in toxic baits for leaf-cutting ants (Hymenoptera : Formicidae) based on formicidal activity. *Journal of Pest Science*, 80(1): 9–13.
- Ministry of the Environment (2015a) Foreword in: National Implementation Plan – Brazil: Stockholm Convention, p. 31.
- Ministry of the Environment (2015b) Inventory of new POPs of industrial use in National Implementation Plan – Brazil: Stockholm Convention, p. 87–99.
- Ministry of the Environment (2015c) Inventory of new POPs of industrial use in National Implementation Plan – Brazil: Stockholm Convention, p. 97.
- Nickele MA, Filho WR, Pie MR & Penteado SRC (2016) Daily foraging activity of *Acromyrmex* (Hymenoptera: Formicidae) leaf-cutting ants. *Sociobiology*, 63(1): 645–650.
- Peregrine DJ & Cherrett JM (1974) A field comparison of the modes of action of aldrin and mirex for controlling colonies of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* (L) and *Acromyrmex octospinosus* (Reich.). *Bulletin of Entomological Research*, 63(1): 609–618.
- Ramos VM, Cunha F, Khun KC, Leite RGF & Roma WF (2013) Alternative control of the leaf-cutting ant *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae) via homeopathic baits. *Sociobiology*, 60(2): 145–149.
- Reis MA, Cunha JPAR, Zanetti R, Fernandes BV & Reis JMR (2015) Aplicação sistemática mecanizada de isca formicida granulada em eucaliptais em fase de manutenção. *Cerne*, 21(3): 423–428.
- Rudolph SG & Loudon C (1986) Load size selection by foraging leaf-cutter ants (*Atta cephalotes*). *Ecological Entomology*, 11(1): 401–410.
- Saha AK, Carvalho KS, Sternberg LSL & Moutinho P (2012) Effect of leaf-cutting ant nests on plant growth in an oligotrophic amazon rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 28(1): 263–270.
- Silva LC, Camargo RS, Forti LC, Matos CAO, Travaglini RV (2015) Do *Atta sexdens rubropilosa* workers prepare leaves and bait pellets in similar ways to their symbiotic fungus? *Sociobiology*, 62(4): 484–493.
- Schnellmann RG Manning RO (1990) Perfluorooctane sulfonamide: a structurally novel uncoupler of oxidative phosphorylation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics*, 1016(3): 344–348.
- Souto LS, Schoereder JH, Schaefer CEGR & Silva WL (2008) Ant nests and soil nutrient availability: the negative impact of fire. *Journal of Tropical Ecology*, 24(1): 639–646.

- Souza A, Zanetti R & Calegario N (2011) Economic damage level for leaf-cutting ants in function of the productivity index of eucalyptus plantations in an Atlantic Forest region. *Neotropical Entomology*, 40(4): 483–488.
- Vander Meer RK, Lfgreen CS, Williams DF (1985) Fluoroaliphatic sulfones: A new class of delayed-action insecticides for control of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 78(1):1190–1197.
- Verma M, Brar SK, Tyagi RD, Vaerol JR (2007) Antagonistic fungi, *Trichoderma spp.*: Panoply of biological control. *Biochemichal Engeneering*, 37(1): 1–20.
- Wnuk A, Rzemieniec J, Litwa E, Lasón W, krzeptowski W, Wójtowicz AK & Kajta M (2016) The crucial involvement of retinoid x receptors in DDE neurotoxicity. *Neurotoxicity Research*, 29(1): 155–172.
- Zanetti R, Zanuncio JC, Mayhé-Nunes AJ, Medeiros AGB & Silva AL (2003) Systematic control of leaf-cutting ants in areas with eucalyptus stands under minimum cultivation system. *Revista Árvore*, 27(3): 387–392.
- Zanetti R, Zanuncio JC, Santos JC, Silva WLP, Ribeiro GT & Lemes PG (2014) An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. *Forests*, 5(1): 439–454.
- Zanuncio JC, Cruz AP, Santos DF, Oliveira MA (1996) Eficiência da isca Mirex-S (sulfuramida 0,3 %) no controle d e atta cephalotes (Hymenoptera: Formicidae) em três dosagens. *Acta Amazonica*, 26(1/2): 115–120.
- Zanuncio JC, Lemes PG, Antunes LR, Maia JLS, Mendes JEP, Tanganelli KM, Salvador JF & Serrão JE (2016) The impact of the Forest Stewardship Council (FSC) pesticide policy on the management of leaf-cutting ants and termites in certified forests in Brazil. *Annals of Forest Science*, 73(2): 205–14.