



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**BIODEGRADAÇÃO DE TOCOS DE *Eucalyptus* sp. PELA AÇÃO
DE CUPINS XILÓFAGOS**

THIAGO XAVIER CHAGAS

2016



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

THIAGO XAVIER CHAGAS

**BIODEGRADAÇÃO DE TOCOS DE *Eucalyptus* sp. PELA AÇÃO DE CUPINS
XILÓFAGOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

C433b Chagas, Thiago Xavier
Biodegradação de tocos de *Eucalyptus* sp. pela ação de cupins xilófagos / Thiago Xavier Chagas ; orientador Genésio Tâmara Ribeiro. – São Cristóvão, 2016.
34 f. : il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

1. Agricultura. 2. Eucalipto – Doenças e pragas. 3. Resíduos vegetais. I. Ribeiro, Genésio Tâmara, orient. II. Título.

CDU 631:582.776

THIAGO XAVIER CHAGAS

**BIODEGRADAÇÃO DE TOCOS DE *Eucalyptus* sp. PELA AÇÃO DE CUPINS
XILÓFAGOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADO em 24 de Fevereiro de 2016.

Prof. Dr. Júlio César Melo Poderoso
UFS

Prof. Dr. Rozimar de Campos Pereira
UFRB/BA

Prof. Dr. Genésio Tâmara Ribeiro
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me permitiu trilhar esse caminho do conhecimento, dando-me fé, coragem, perseverança e força, e por todas as oportunidades que tem me concedido.

A Universidade Federal de Sergipe – UFS, e à Coordenação de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade PPGAGRI pela oportunidade de realização do mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC) pela concessão da bolsa.

A empresa florestal Bahia Specialty Cellulose/COPENER Florestal por ceder sua estrutura para a pesquisa.

Ao Professor Dr. Genésio Tâmara Ribeiro, orientador, mestre e amigo, por toda confiança, orientação e incentivos dedicados a mim. Despertando meu interesse pela pesquisa, contribuindo para minha formação acadêmica.

Aos Dr. Júlio César Melo Poderoso e Dra. Maria de Fátima Souza dos Santos de Oliveira pelo apoio, contribuições, ensinamentos e por toda amizade, paciência e ajuda na viabilização deste trabalho.

À equipe do laboratório de Entomologia Florestal pela amizade, apoio e ajuda fundamental nessa jornada.

À Minha Amada Família, por todo o apoio e incentivo. Em especial aos meus pais, Acácia Maria Chagas e José Xavier da Silva, por todo o amor, carinho, compreensão e incentivo. Ao meu irmão, Matheus Xavier Chagas, e minha namorada, Bianca Gonçalves Oliveira, que sempre estiveram ao meu lado, me estimulando e apoiando.

A todos aqueles que contribuíram para que esta etapa fosse concretizada: Muito obrigado!

BIOGRAFIA

THIAGO XAVIER CHAGAS nasceu na cidade de Aracaju, no estado do Sergipe, em 17 de Outubro de 1989. Filho de Acácia Maria Chagas e José Xavier da Silva.

Cursou o ensino fundamental e médio no Colégio Jardins na cidade de Aracaju – Sergipe. Em maio de 2013, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Sergipe, em São Cristóvão – Sergipe.

Em março de 2014 iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, na Universidade Federal de Sergipe.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A Cultura de Eucalipto no Brasil.....	3
2.2 Cupins (Blattodea: Termitoidea).....	3
2.3 Aspectos alimentares dos cupins.....	4
2.4 Cupins pragas.....	5
2.5 Eucalipto e cupins.....	5
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	7
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8
5. ARTIGO 1. ASSOCIAÇÕES DE CUPINS EM TOCOS DE <i>Eucalyptus urograndis</i>	10
Resumo.....	10
Abstract.....	11
Nota científica.....	11
Agradecimentos.....	12
Referências.....	12
Figura e Tabela.....	14
6. ARTIGO 2. BIODEGRADAÇÃO DE TOCOS DE <i>Eucalyptus urograndis</i> PELA AÇÃO DE CUPINS XILÓFAGOS.....	15
Resumo.....	15
Abstract.....	16
Introdução.....	16
Método.....	17
Área de estudo.....	17
Amostragem e identificação dos cupins.....	17
Análise Faunística.....	17
Análise da Biodegradação dos tocos.....	17
Análise dos Dados.....	18
Resultados.....	18
Discussão.....	18
Conclusão.....	19
Referências.....	19
Figura.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
5.1 Associação entre espécies de cupins num mesmo toco. Seta vermelho e branco indica a presença de <i>Nasutitermes corniger</i> (Blattodea: Termitidae); seta amarelo e vermelho indica a presença de <i>Amitermes amifer</i> (Blattodea: Termitidae).....	14
6.1 A: Toco de <i>Eucalyptus urograndis</i> parcialmente degradado; B: Toco de <i>Eucalyptus urograndis</i> totalmente degradado.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
5.1	Tabela 1. Frequência de espécies de cupins em diferentes idades dos tocos de <i>Eucalyptus urograndis</i> após o corte.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
LD	Limite de Dominância
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FAPITEC	Fundação de Apoio a Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe
MZUSP	Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo
Fr	Frequência
Vo	Volume inicial
Vf	Volume final
V	Volume
A	Área
Bdt	Biodegradação de tocos
H	Altura
ANAVA	Análise de Variância
SAS	Statistical Analysis System

RESUMO

CHAGAS, Thiago Xavier. **Biodegradação de tocos de *Eucalyptus urograndis* pela ação de cupins xilófagos**. São Cristóvão: UFS, 2015. 42p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

As plantações de eucalipto podem ser manejadas sob o sistema de alto fuste ou em talhadia, sendo que após a colheita há o acúmulo de restos da cultura de difícil degradação, incluindo o toco. Este resíduo florestal pode representar um micro-habitat e recurso alimentar abundante para cupins. A identificação das espécies de cupins que ocorrem em tocos pode ser uma alternativa viável para acelerar o seu processo de degradação, auxiliando na remoção parcial ou total dos tocos. O objetivo do estudo foi identificar espécies de cupins em tocos de *Eucalyptus urograndis* e avaliar a sua biodegradação em áreas com dois e quatro anos de idade após o corte do primeiro ciclo de plantação. O estudo foi conduzido em duas áreas, com idades de dois e quatro anos após o corte, localizadas no município de Entre Rios, Bahia, Brasil. Os tocos foram fragmentados, com auxílio de um facão, e os cupins coletados e depositados em tubos Falcon 15 ml, contendo álcool 80%. Os cupins foram identificados com auxílio de chave taxonômica e comparação com exemplares da coleção base do Laboratório de Entomologia Florestal, da Universidade Federal de Sergipe, e do Museu de Zoologia, da Universidade de São Paulo. A medição do diâmetro e altura dos tocos foi realizada, antes e após a sua fragmentação. Após esta medição, foi calculado o volume inicial e o volume final dos tocos. Para avaliar a biodegradação de tocos, os dados foram convertidos para porcentagem e analisados pelo programa SAS 9.0, usando para comparação a ANAVA. Foram coletadas sete espécies de cupins, pertencentes a quatro gêneros, da família Termitidae. *Nasutitermes corniger*, *N. kemneri*, e *Amitermes amifer* foram dominantes. Na análise de biodegradação dos tocos houve diferença significativa entre as idades de dois e quatro anos, sendo a biodegradação maior na área com quatro anos de idade após o corte. É possível encontrar espécies de cupins em tocos de *Eucalyptus urograndis*, sejam forrageando isoladamente ou associações com outras espécies, sendo elas capazes de biodegradar tocos de *Eucalyptus urograndis* nas áreas com idade de dois e quatro anos após o corte. Há uma tendência de aumento na biodegradação dos tocos em área com maior idade após o corte, como constatado na área com quatro anos de idade.

Palavras-chave: Termitidae, floresta de eucalipto, Nasutitermitinae, resíduo florestal.

* Comitê Orientador: Genésio Tâmara Ribeiro – UFS (Orientador).

ABSTRACT

CHAGAS, Thiago Xavier. **Biodegradation of stumps *Eucalyptus urograndis* by the action of termites xylophagous.** São Cristóvão: UFS, 2015. 41p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

Eucalyptus plantations can be managed under the cutting regime and retirement or coppice. After harvest there is the remnants' accumulation of hard degradation culture, including the stump. This forest residue can be a micro-habitat and abundant food source for termites. The identification of termites' species that occur at stumps can be a viable alternative to accelerate the process of degradation, assisting in partial or total removal. The aim of the study was to identify species of termites in stumps of *Eucalyptus urograndis* and evaluate its biodegradation in areas with two and four years old after cutting. The study was conducted in two areas, with aftercut ages of two and four years, located in the city of Entre Rios, Bahia, Brazil. The stumps were fragmented, with the aid of a cutter, and termites collected and deposited in 15 ml Falcon tubes, containing 80% alcohol. The termites were identified by key taxonomic aid and comparisons among copies from the base collection of Forest Entomology Laboratory of the Federal University of Sergipe, and the Zoology Museum of the University of Sao Paulo. The measurement of the diameter and height of the stumps were performed before and after fragmentation. After this measurement, the initial volume and the final volume of the stumps were calculated, to determine their biodegradation. To evaluate stumps' biodegradation in the aftercut ages, data were analyzed by SAS 9.0 software, using the ANOVA for comparison. Seven species of termites, which belongs to four genera in the Termitidae family, were collected. *Nasutitermes corniger*, *N. kemneri* and *Amitermes amifer* were dominants. In the stumps biodegradation analysis was verified a significant difference between the aftercut ages of two and four years. It is possible to find termites in stumps of *Eucalyptus urograndis* foraging alone or associated with other species. They are able to biodegrade stumps of *Eucalyptus urograndis* areas aged two and four years after cutting. There is an increasing trend in biodegradation of the stumps in area with higher post-crop age, as observed in the area with four years of age.

Key words: Termitidae, eucalypt forest, Nasutitermitinae, forest residue.

* Supervising Committee: Genésio Tâmara Ribeiro – UFS (Orientador)

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cadeia produtiva do setor brasileiro a base de plantações florestais é representada pelos segmentos industriais de Papel e Celulose, Painéis de Madeira Industrializada e Processada Mecanicamente, Siderurgia a Carvão Vegetal e Biomassa (ABRAF, 2013).

Entre as árvores cultivadas se destacam, para atender os setores industriais, as espécies de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae). Foram descritas cerca de 600 espécies originárias, principalmente da Austrália, e parte delas introduzidas nos países tropicais e subtropicais (MORA e GARCIA, 2000), dentre eles o Brasil.

No Brasil a área com plantação de eucalipto em 2012 foi cerca de 5 milhões de hectares, representando um crescimento de 4,5% em relação a 2011. O principal fator desse crescimento foi o estabelecimento de novas plantações de eucalipto para atender o segmento de Papel e Celulose. Esse crescimento reflete uma tendência de redução da área plantada com pinus em prol da substituição por plantações de eucalipto, o que corrobora a redução de área com pinus de 5,1% entre 2011 a 2012 (ABRAF, 2013).

A colheita florestal de eucalipto para produção de Papel e Celulose, em geral, ocorre aos sete anos de idade e o toco, resíduo resultante do abate da árvore, representa um impedimento físico para a entrada de máquinas para as operações do próximo ciclo de plantio (NEGRÃO et al., 2014).

A busca por soluções para o rebaixamento ou remoção destes tocos é constante, e vão desde as utilizações de máquinas que causem menos movimentação no solo até a inoculação de fungos degradadores de madeira. Porém, estas alternativas ainda são onerosas ou inviáveis em épocas secas do ano.

A utilização de máquinas para remoção ou rebaixamento de tocos pode levar a problemas com aumento da compactação do solo, que persistem por até três anos, alterando as características físicas e químicas do solo, ocasionando danos severos à microbiota e resultando numa diminuição de produtividade da plantação de eucalipto (PAGE-DUMROESE et al., 1998; NEGRÃO et al., 2014).

Um dos agentes encontrados atuando na madeira são os cupins, insetos da ordem Blattodea constituídos de castas diferentes, possuindo morfologias distintas em todas elas. Os soldados possuem cabeças e mandíbulas mais desenvolvidas do que as operárias e os imagos (rei e rainha), porém com pronoto menor e olhos vestigiais ou ausentes (KRISHNA et al., 2013).

A alimentação dos cupins é realizada através da simbiose com outros organismos, como protistas flagelados e bactérias, que habitam o seu intestino para auxiliarem na decomposição da celulose, fonte que está presente em diversos materiais orgânicos (KRISHNA et al., 2013).

O consumo de madeira por cupins já é um tema amplamente estudado, seja para conhecer espécies com potencial como praga, a preferência alimentar ou a ciclagem de madeira morta em determinado ecossistema (GUTIÉRREZ et al., 2004; MÉLO e BANDEIRA, 2007; VASCONCELLOS e MOURA, 2010; SHANBHAG e SUNDARARAJ, 2012; 2013; ULYSHEN, 2014; SIEBERS et al., 2015), porém estudos da atuação dos cupins na biodegradação de tocos são desconhecidos ou escassos na literatura.

É importante destacar que apesar dos cupins serem considerados pragas, Calderon e Constantino (2007) e Sales et al. (2010) não relataram danos significativos ao eucalipto em estudos realizados em Minas Gerais e Bahia.

A identificação e utilização das espécies de cupins que atuam na biodegradação dos tocos seria uma alternativa viável para acelerar esse processo, auxiliando na sua remoção parcial ou total, uma vez que estes tocos possuem celulose, e os cupins são os principais consumidores dessa biomolécula (ENGEL et al. 2009).

Neste caso, resultaria em redução de custos para a empresa e na disponibilidade de nutrientes para a biota local, pois os cupins são consumidores primários ou decompositores de

diversos materiais celulósicos e participam de processos ecológicos, como a ciclagem de nutrientes (TAYASU et al. 1997; COSTA-LEONARDO, 2002).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura de Eucalipto no Brasil

De ocorrência natural, principalmente na Austrália, o eucalipto possui espécies adaptadas a diferentes condições de solo e clima. Foi introduzido no Brasil, em 1904, como matéria-prima destinada para a produção de lenha e dormentes, e por apresentar rápido crescimento e alta produtividade (MORA e GARCIA, 2000; CAMPOS et al., 2009).

O total da área com plantações de árvore no Brasil em 2012, representada por espécies de eucalipto e pinus, atingiu 6.664.812 hectares, representando um crescimento de 2,2% em relação ao indicador de 2011. As plantações de eucalipto representaram 76,6% da área total de plantações florestais (ABRAF, 2013).

Neste mesmo ano de 2012, 72,5% de toda madeira plantada de eucalipto foi utilizada na produção de celulose, ao passo que as produções de painéis de madeira industrializada, carvão vegetal e lenha consumiram 7,3%, 19,5% e 0,7%, respectivamente (ABRAF, 2013).

As plantações de eucalipto são manejadas sob o sistema de alto fuste ou em talhadia, e ao fim de cada ciclo há um acúmulo de materiais de difícil degradação, dentre eles o toco das árvores. Este resíduo florestal é retirado com auxílio de maquinários pesados, como tratores ou escavadeiras adaptadas (BETTERS et al., 1991; ALONSO et al., 2007; RODE et al., 2014).

Essa destoca mecânica representa custos financeiro e ambiental, e a presença de tocos, após o corte raso, pode causar danos a pneus e partes das máquinas que adentram para preparar o solo (ALONSO et al., 2007). Além do que, a compactação do solo aumenta, devido à entrada de maquinários para o processo de destoca, podendo ainda reduzir, durante o crescimento inicial, em 20% na altura e 30% no diâmetro de mudas plantadas (PAGE-DUMROESE et al., 1998).

2.2 Cupins (Blattodea: Termitoidea)

Os cupins foram recategorizados e, segundo Beccaloni e Eggleton (2013), estão na ordem Blattodea, deixando, assim, de pertencerem à antiga ordem Isoptera. Eles, juntos às abelhas, formigas e vespas, formam o grupo dos insetos eusociais, ou seja, aqueles que apresentam sobreposição de gerações, com divisão de trabalho e cuidado cooperativo com a prole (CONSTANTINO, 1999; EGGLETON, 2010).

Existem 283 gêneros e 2929 espécies de cupins no mundo, divididas em nove famílias: Archotermopsidae, Hodotermitidae, Kalotermitidae, Mastotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, Stolotermitidae, Stylotermitidae e Termitidae. Esta última representa 70% de todas as espécies de cupins descritas no mundo (ENGEL et al., 2009; KRISHNA et al., 2013).

No território brasileiro ocorrem quatro famílias: Kalotermitidae, Serritermitidae (exclusiva do Brasil), Rhinotermitidae que são conhecidas como “cupins inferiores” e possuem protozoários flagelados simbióticos para auxiliarem na decomposição da celulose, e a Termitidae conhecida como “cupins superiores”, possuindo bactérias simbiotes para auxiliarem no mesmo processo (CONSTANTINO, 1999; COSTA-LEONARDO, 2002).

Os cupins ou térmitas são insetos com castas estéreis, operárias e soldados, em ambos os sexos e de fácil distinção entre os demais insetos, com morfologias distintas em todas as suas castas. São hemimetábolos, apresentam genitálias ausentes ou rudimentares, asas membranosas, tarsos com 3-5 segmentos e vivem em colônias organizadas e semelhantes, porém com adaptações anatômicas e morfológicas dentro de cada espécie (EGGLETON, 2010; COSTA-LEONARDO et al., 2013; KRISHNA et al., 2013).

As colônias são representadas pelos operários, que forrageiam alimento e água, constroem, limpam e reparam a colônia e canibalizam indivíduos senescentes; soldados com papel de defesa, através das mandíbulas poderosas e glândulas secretoras de substâncias

tóxicas e aderentes; e reprodutores, reis e rainhas alados, sendo que apenas uma é a rainha geradora das proles (COSTA et al., 2011; EGGLETON, 2010; KRISHNA et al., 2013).

A rainha sofre o fenômeno da fisogastria, que é o aumento gradual do abdômen em decorrência do crescimento dos ovários, do tecido gorduroso e das glândulas relacionadas à reprodução (COSTA et al., 2011; EGGLETON, 2010).

Existem os reprodutores secundários ou neotênicos, que são ninfas sem desenvolvimento completo e com órgãos sexuais amadurecidos, que podem substituir o rei ou a rainha quando morrem (CONSTANTINO, 1999).

Uma vez que houve a revoada, o casal de alados perde as asas e instala-se no solo. Em seguida, constrói a câmara nupcial inicial (madeira dura ou apodrecida ou no solo) e então, ocorre à primeira cópula, dando origem as operárias, que iniciam o processo de construção do ninho e auxiliam na alimentação do casal real e logo em seguida, ocorre à postura dos soldados (COSTA et al., 2011; EGGLETON, 2010).

2.3 Aspectos alimentares dos cupins

Materiais orgânicos, em vários estágios de decomposição, podem servir como alimento para os cupins, incluindo árvore viva ou madeira morta, herbáceas, esterco, húmus, serrapilheira, fungos e ninhos de outras espécies de cupins (ACKERMAN et al., 2009; EGGLETON, 2010).

Esta diversidade de hábito alimentar classifica os cupins em quatro grupos funcionais: 1) xilófagos: se alimentam de madeira sólida ou moderadamente deteriorada, fazendo galerias nos troncos; 2) humívoros: se alimentam de húmus e matéria orgânica do solo; 3) ceifadores ou comedores de serrapilheira: folhas, grama, fragmentos de madeira morta e serrapilheira; e 4) intermediários: se alimentam de matéria orgânica em elevado estado de decomposição ou não se encaixam em nenhum dos grupos anteriores (DONOVAN et al., 2001; CALDERON e CONSTANTINO, 2007; CARRIJO et al., 2008; CANCELLO et al., 2014).

Em ecossistemas tropicais e subtropicais estes insetos são os principais consumidores da biomolécula mais abundante da terra, celulose, e sua forma mais inerte, lignocelulose (ENGEL et al., 2009).

Além disso, são benéficos ao solo, pois canalizam, descompactam e enriquecem de matéria orgânica, transformam diversos materiais vegetais consumidos em fezes ou aceleram a degradação da biomassa, o que contribui numa troca eficiente de nutrientes com a vegetação (VARMA e SWARAN, 2007; ACKERMAN et al., 2009; COSTA et al., 2011; KRISHNA et al., 2013).

Soldados e reprodutores de cupins são incapazes de se alimentarem sozinhos, devido às mandíbulas desenvolvidas, que impedem o contato com o alimento. Eles recebem das operárias a trofalaxia estomodeal, que ocorre através da saliva ou o alimento, parcialmente digerido, é regurgitado, sendo único nutriente dos reprodutores funcionais ou trofalaxia proctodeal, descrita para cupins inferiores e consiste em excreções líquidas, ricas em simbiontes, provenientes do intestino posterior e que são eliminadas em resposta a estímulos táteis de outros cupins (LIMA e COSTA-LEONARDO, 2007; EGGLETON, 2010).

A madeira (viva ou morta) é a principal dieta da maioria dos cupins xilófagos inferiores ou superiores. Porém, aquelas que apresentam alto teor de compostos químicos podem conferir resistência devido à elevada toxicidade, como também a presença de altos teores de lignina, que podem acarretar num desgaste das mandíbulas. Contudo, madeiras que possuem maiores concentrações de celulose tendem a ser preferidas pelos cupins (LIMA e COSTA-LEONARDO, 2007; SHANBHAG e SUNDARAJ, 2012).

Há uma correlação positiva entre concentração de celulose e degradação da madeira, tornando um fator importante na sua remoção, através de seu consumo. Estima-se que 20% de resíduos de madeira por ano sejam retirados pela ação dos cupins em regiões Neotropicais

(VASCONCELLOS e MOURA, 2010), o que lhes confere um papel crucial nos processos ecológicos.

2.4 Cupins pragas

Embora os cupins sejam conhecidos pelos danos que causam, seja na área urbana (edifícios e móveis) ou rural (perdas econômicas em cultivos), apenas 12,4% são considerados na literatura como destrutivos (KRISHNA et al., 2013).

Cupins se tornam praga quando o seu habitat natural é modificado ou gradualmente substituído por espaços urbanos ou agrícolas, criando ambientes favoráveis para o seu estabelecimento (CONSTANTINO, 2002; CARRIJO et al., 2008).

Entretanto, aqueles que são considerados pragas importantes, geralmente, foram introduzidos em outros ambientes geográficos, tornando-se invasores. A exemplo têm-se as espécies *Cryptotermes brevis*, *C. domesticus*, *C. dudleyi*, *Coptotermes formosanus*, *Coptotermes gestroi*, *Reticulitermes flavipes*, e *R. lucifugus* (KRISHNA et al., 2013).

No Brasil, espécies de cupins foram relatadas como causadoras de danos em áreas urbanas ou rurais, porém, em sua grande maioria, de forma indireta. As culturas de arroz, soja, milho, café, mandioca, cana-de-açúcar e eucalipto são as que possuem registros de ataques de cupins, principalmente dos gêneros *Nasutitermes*, *Coptotermes*, *Heterotermes*, *Syntermes*, *Neocrapitermes*, *Cornitermes* e *Procornitermes* (CONSTANTINO, 2002).

O impacto negativo dos cupins é exagerado e seus efeitos benéficos são subestimados, além disso, os relatos dos danos associados a este inseto não levam em consideração a distinção entre um dano econômico e uma injúria. (CONSTANTINO, 2002).

Neste caso, geram-se interpretações inequívocas quando identificam cupins se alimentando de determinadas culturas. Para corroborar com este fato, 73% dos cupins descritos como pragas agrícolas na América do Sul são incertos, necessitando de estudos que comprovem o potencial praga das espécies de cupins. (CONSTANTINO, 2002).

2.5 Eucalipto e cupins

Apesar de toda modificação na paisagem em plantações de eucalipto, é possível observar a biodiversidade nestas áreas, principalmente quando há um remanescente de floresta nativa próximo. A depender da conectividade da floresta plantada com os remanescentes, pode-se perceber a semelhança, em relação à abundância de espécies, com florestas em regeneração (ROCHA et al., 2013).

Em se tratando de cupins, a diversidade e riqueza de espécies em plantações de eucalipto são significativas, uma vez que espécies de todos os grupos funcionais habitam estes ambientes. Entretanto, a predominância de espécies xilófagas é maior, e isto ocorre devido a perturbações na vegetação antes do plantio, principalmente no solo, que ocasiona a diminuição de cupins húmívoros (CALDERON e CONSTANTINO, 2007; VARMA e SWARAN, 2007; SALES et al., 2010).

Na cultura de pastagem esta relação é contrária, onde a abundância e riqueza de cupins húmívoros são maiores do que os xilófagos, pois a presença de madeira é baixa neste tipo de cultura (CARRIJO et al., 2008).

Em relação a danos a cultura do eucalipto, espécies como *Anoplotermes pacificus*, *Neocapritermes opacus*, *Subulitermes* sp., *Coptotermes testaceus*, *Cylindrotermes* sp., *Cornitermes cumulans*, *Procornitermes araujoii*, *Syntermes insidians* e *S. molestus* foram descritas como as principais pragas (CONSTANTINO, 2002; COSTA et al., 2011).

Os cupins subterrâneos ou de solo são os principais causadores de danos nas plantações novas de eucalipto, descorticando raízes e matando as plantas jovens. O cupim-de-cerne (*C. testaceus*) destrói o tronco e a raiz, causando falhas no brotamento dos tocos.

Porém, não se determina com exatidão se todas as espécies são ditas como pragas (CONSTANTINO, 2002; COSTA et al., 2011).

3. CONCLUSÕES GERAIS

É possível encontrar espécies de cupins em tocos de *Eucalyptus urograndis*, sejam forrageando isoladamente ou em associações com outras espécies, sendo elas capazes de biodegradar tocos de *Eucalyptus urograndis* nas áreas com idade de dois e quatro anos após o corte do primeiro ciclo de plantio.

Há uma tendência de aumento na biodegradação dos tocos em área com maior idade após o corte, como constatado na área com quatro anos de idade.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013**, ano base 2012, 2013, p.146.
- ACKERMAN, I.L.; CONSTANTINO, R.; JÚNIOR, H.G.G.; LEHMANN, J.; RIHA, S.J.; FERNANDES, E.C.M. Termite (Insecta: Isoptera) species composition in a primary rain forest and agroforests in Central Amazonia. **Biotropica**, v.41, n.2, p.226–233, 2009.
- ALONSO, S.K.; SILVA, A.G.; KASUYA, M.C.M.; BARROS, N.F.; CAVALLAZZI, J.R.P.; BETTUCCI, L.; LUPO, S.; ALFENAS, A.C. Isolamento e seleção de fungos causadores da podridão branca da madeira em florestas de *Eucalyptus* spp. com potencial de degradação de cepas e raízes. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.145-15, 2007.
- BECCALONI, G.; EGGLETON, P. Order Blattodea. **Zootaxa**, v.3703, ed.1, p.46-48, 2013.
- BETTERS, D.R.; WRIGHT, L.L.; COUTO, L. Hort rotation woody crop plantations in Brazil and the United States. **Biomass and Bioenergy**, v.1, n.6, p.305-316, 1991.
- CALDERON, R.A.; CONSTANTINO, R. A survey of the termite fauna (Isoptera) of an eucalypt plantation in central Brazil. **Neotropical Entomology**, v.36, p.391-395, 2007.
- CAMPOS, D.T.S.; STIEVEN, A.C.; RAMOS, F.T. Associação micorrízica em plantios de Eucalipto no Brasil e no Estado de Mato Grosso. **Revista Biodiversidade**, v.8, n.1, p.55-61, 2009.
- CANCELLO, E.M.; SILVA, R.R.; VASCONCELLOS, A.; REIS, Y.T.; OLIVEIRA, L.M. Latitudinal variation in termite species richness and abundance along the brazilian Atlantic Forest hotspot. **Biotropica**, v.46, n.4, p.441-450, 2014.
- CARRIJO, T.F.; BRANDÃO, D.; OLIVEIRA, D.E.; COSTA, D.A.; SANTOS, T. Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the Central Brazilian Savanna (Cerrado). **Journal of Insect Conservation**, v.13, p.575-581, 2008.
- CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v.40, n.25, p.387-448, 1999.
- CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, v.126, p.355-365, 2002.
- COSTA, E.C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E.B.; MURARI, A.B. Pragas Florestais. In: **Entomologia Florestal**, UFSM, 2011, p.153-178.
- COSTA-LEONARDO, A. M.; LARANJO, L. T.; JANEI, V.; HAIFIG, I. The fat body of termites: Functions and stored materials. **Journal of Insect Physiology**, v.59, p.577-587, 2013.
- COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Ana Maria Costa-Leonardo, Rio Claro, UNESP, 2002, p.128.
- DONOVAN, S.E.; EGGLETON, P.; BIGNEL, D.E. Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. **Ecological Entomology**, v.26: p.356-366, 2001.
- EGGLETON, P. An Introduction to Termites: biology, taxonomy and functional Morphology. In: BIGNELL, D. E.; ROISIN; Y.; LO, N. (Eds). **Biology of Termites: A Modern Synthesis**, Springer, 2010, p.1-26.
- ENGEL, M.S.; GRIMALDI, D.A.; KRISHNA, K. Termites (Isoptera): Their phylogeny, classification, and rise to ecological dominance. **American Museum of Natural History**, n.3650, p.1-27, 2009.
- GUTIERREZ, A.I.; URIBE, S.; QUIROZ, J.A. Termitas asociadas a plantaciones de *Eucalyptus* spp. en una reforestadora en Magdalena, Colombia. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, n.72, p.62-67, 2004.
- KRISHNA, K.; GRIMALDI, D.A.; KRISHNA, V.; ENGEL, M.S. Treatise on the Isoptera of the World. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v.377, p.1-200, 2013.
- LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, v.7, n.2, p.243-250, 2007.

- MÉLO, A.C.S.; BANDEIRA, A.G. Consumo de madeira por *Heterotermes sulcatus* (Isoptera: Rhinotermitidae) em ecossistema de Caatinga no Nordeste do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v.11, p.350-355, 2007.
- MORA, A.L.; GARCIA, C.H. O Eucalipto na Origem. In: MORA, A. L.; GARCIA, C. H, A. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. p.23-34.
- NEGRÃO, D.R.; JÚNIOR, T.A.F.S.; PASSOS, J.R.S.; SANSÍGOLO, C.A.; MINHONI, M T.A.; FURTADO, E.L. Biodegradation of *Eucalyptus urograndis* wood by fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.89, p.95-102, 2014.
- PAGE-DUMROESE, D.S.; HARVEY, A.E.; JURGENSEN, M.F.; AMARANTHUS, M. P. Impacts of soil compaction and tree stump removal on soil properties and outplanted seedlings in northern Idaho, USA. **Canadian Journal of Soil Science**, v.78, p.29-34, 1998.
- ROCHA, P.L.B.; VIANA, B.F.; CARDOSO, M.Z.; MELO, A.M.C.; COSTA, M.G.C.; VASCONCELOS, R.N.; DANTAS, T.B. What is the value of eucalyptus monocultures for the biodiversity of the Atlantic forest? A multitaxa study in southern Bahia, Brazil. **Journal of Forestry Research**, v.24, n.2, p.263-272, 2013.
- RODE, R.; LEITE, H.G.; SILVA, M.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; BINOTI, D.H.B. The economics and optimal management regimes of eucalyptus plantations: A case study of forestry outgrower schemes in Brazil. **Forest Policy and Economics**, v.44, p.26-33, 2014.
- SALES, M.J.D.; MATOS, W.C.; REIS, Y.T.; RIBEIRO, G.T. Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.12, p.1351-1356, 2010.
- SHANBHAG, R.R.; SUNDARARAJ, R. Imported wood decomposition by termites in different agro-eco zones of India. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.85, p.16-22, 2013.
- SHANBHAG, R.R.; SUNDARARAJ, R. Physical and chemical properties of some imported woods and their degradation by termites. **Journal of Insect Science**, v.13, n.63, 2012.
- SIEBERS, N.; MARTIUS, C.; ECKHARDT, K-U.; GARCIA, M.V.B.; LEINWEBER, P.; AMELUNG, W. Origin and alteration of organic matter in termite mounds from different feeding guilds of the Amazon rainforests. **PLoS ONE**, v.10, p.1-19, 2015.
- TAYASU, I.; ABE, T.; EGGLETON, P.; BIGNELL, D.E. Nitrogen and carbon isotope ratios in termites: an indicator of trophic habit along the gradient from wood-feeding to soil-feeding. **Ecological Entomology**, v.22, p.343-351, 1997.
- ULYSHEN, M.D. Interacting Effects of Insects and Flooding on Wood Decomposition. **PLoS ONE**, v.9, p. 1-9, 2014.
- VARMA, R.V.; SWARAN, P.R. Diversity of termites in a young eucalypt plantation in the tropical forests of Kerala, India. **International Journal of Tropical Insect Science**, v.27, n.2, p.95-101, 2007.
- VASCONCELLOS, A.; MOURA, F.M.S. Wood litter consumption by three species of Nasutitermes termites in an area of the Atlantic Coastal Forest in northeastern Brazil. **Journal of Insect Science**, v.10, n.72, p.1-9, 2010.

5. ARTIGO 1. ASSOCIAÇÕES DE CUPINS EM TOCOS DE *Eucalyptus urograndis*

Periódico a ser submetido: Florida Entomologist

RESUMO

As plantações de eucalipto podem ser manejadas sob o sistema de alto fuste ou talhadia, sendo que após a colheita há o acúmulo de restos da cultura de difícil degradação, incluindo o toco. Este resíduo pode representar um micro-habitat e recurso alimentar abundante para cupins. A identificação das espécies de cupins que ocorrem em tocos pode ser uma alternativa viável para acelerar o seu processo de degradação, auxiliando na sua remoção parcial ou total. O objetivo deste estudo foi identificar espécies de cupins presentes em tocos de *Eucalyptus urograndis* em áreas com idade de corte de dois e quatro anos após o primeiro ciclo de corte. O estudo foi conduzido em duas áreas de *E. urograndis*, com idades de dois e quatro anos após o corte do primeiro ciclo, de sete anos de idade. Foram identificadas um total de sete espécies de cupins, pertencentes a quatro gêneros da família Termitidae. *Nasutitermes corniger* (Motschulsky) e *Amitermes amifer* (Silvestri) foram dominantes nas duas áreas, já *N. kemneri* (Snyder and Emerson) foi dominante somente na área com idade de dois anos após o corte. É possível encontrar espécies de cupins em tocos de *E. urograndis*, sejam forrageando isoladamente ou em associações com outras espécies, e o registro desta ocorrência é importante para identificar possíveis espécies eficientes na remoção parcial ou total de tocos.

Palavras-chave: Termitidae, xilófagos, floresta de eucalipto, Nasutitermitinae.

ABSTRACT

Título: Termite associations in stumps of *Eucalyptus urograndis*

Eucalyptus plantations can be managed under the cutting regime and retirement or coppice. After harvesting, there is the accumulation of culture waste of hard degradation, including stumps, which can be a micro-habitat and abundant food source for termites. The identification of termites species that occur at stumps can be a viable alternative to accelerate the degradation process, assisting in partial or total removal. The study was conducted in two eucalyptus areas, with cut ages of two and four years. Seven species of termites were collected from four genera of Termitidae familie. *Nasutitermes corniger* (Motschulsky), *N. kemneri* (Snyder and Emerson) and *Amitermes amifer* (Silvestri) were dominant. These species are associated with termites, living and feeding in one *Eucalyptus urograndis* stump and the record of this event is important to identify possible efficient species in the partial or total removal of these stumps.

Key words: Termitidae; xylophagous; eucalypt forest; Nasutitermitinae.

De ocorrência natural, principalmente na Austrália, o eucalipto possui espécies adaptadas a diferentes condições de solo e clima. Foi introduzido no Brasil com finalidade comercial, por apresentar rápido crescimento e alta produtividade (Campos et al. 2009).

Ao fim de cada ciclo de plantio de eucalipto, que em geral ocorre aos sete anos, há um acúmulo de materiais de difícil degradação, dentre eles o toco, que é retirado com auxílio de maquinários pesados, como tratores ou escavadeiras adaptadas. Essa destoca mecânica representa custos financeiro e ambiental, e a presença de tocos pode ocasionar danos a pneus e partes das máquinas que adentram para preparar o solo para o próximo plantio (Better et al. 1991; Alonso et al. 2007; Campos et al. 2009; Negrão et al. 2014; Rode et al. 2014).

A presença e identificação dessas espécies de cupins que ocorrem em tocos pode ser uma alternativa viável para acelerar o seu processo de degradação, auxiliando na sua remoção parcial ou total, uma vez que estes tocos, sendo ricos em celulose, tornam-se a fonte principal na alimentação dos cupins (Engel et al. 2009).

Os cupins em ecossistemas tropicais e subtropicais são os principais consumidores da biomolécula mais abundante da terra, celulose. Além disso, são benéficos ao solo, pois canalizam, descompactam e enriquecem de matéria orgânica e aceleram a degradação da biomassa, o que contribui numa troca eficiente de nutrientes com a vegetação (Varma e Swaran 2007; Ackerman et al. 2009; Engel et al. 2009; Krishna et al. 2013). O objetivo deste estudo foi identificar espécies de cupins presentes em tocos de *Eucalyptus urograndis* em áreas com idade de corte de dois e quatro anos após o primeiro ciclo de corte.

O estudo foi conduzido em plantações de *E. urograndis*, na região Nordeste da Bahia, localizadas no município de Entre Rios/Bahia, Brasil. Foram selecionadas duas áreas, com idades de dois (IC1) e quatro (IC2) anos após o corte das árvores do primeiro ciclo de plantação. Nessas áreas, os cupins foram coletados, de forma aleatória, em 50 tocos/área, totalizando 100 tocos.

Estes tocos foram fragmentados, com auxílio de um facão, e os cupins coletados e depositados em tubo Falcon 15 ml, contendo álcool 80%. Os cupins foram identificados com auxílio de chave taxonômica e comparação com exemplares da coleção base do Laboratório de Entomologia Florestal, da Universidade Federal de Sergipe, e do Museu de Zoologia, da Universidade de São Paulo.

Fez-se a análise faunística para cada área, calculando o Limite de Dominância (LD) e a Frequência (Fr), a partir das equações: $LD = 100 \left(\frac{1}{S}\right)$, proposta por Sakagami e Laroca (1971), onde S representa o número total de espécies; $Fr(\%) = 100 \left(\frac{n}{N}\right)$, em que n é o número de cada espécie da área e N o número total de espécies. Quando o valor da Fr de uma espécie apresentou superior ao LD, esta foi considerada dominante e quando inferior, não-dominante.

Foi coletado total de sete espécies de cupins nos tocos nas duas áreas, todas com hábito alimentar xilófago (Donovan et al. 2001; Vasconcellos et al. 2005; Sales et al. 2010), sendo que cinco espécies ocorreram nas duas áreas e duas foram exclusivas.

A família Termitidae representa estas espécies, resultado esperado por ser uma família bastante diversificada e que compreende 85% das espécies registradas no Brasil (Constantino 1999).

O LD foi de 16,67 e três espécies foram dominantes nos tocos, *Nasutitermes kemneri* somente na área IC1, *N. corniger* e *Amitermes amifer* nas duas áreas (Tabela 1). Resultado semelhante foi encontrado por Sales et al. (2010) em plantações de eucalipto na mesma região de estudo.

Esta dominância no toco de eucalipto, para *Nasutitermes*, pode ser devido a distúrbios no ambiente, ocasionados pelas plantações de eucalipto, que possibilitam o seu estabelecimento na área, à plasticidade de seus ninhos, considerados policálicos, que aumentam a área de forrageamento de cada colônia, e por serem poucos seletivos quanto à madeira dura ou mole e seca ou úmida. Já *A. amifer* pode explorar madeiras em diferentes estágios de decomposição, justificando a sua dominância nos tocos em diferentes IC (Bandeira et al. 1998, 2003; Reis e Canello 2007).

Foram encontradas associações entre espécies nas duas áreas avaliadas, sendo que na área IC1 ocorreram em 10 tocos associações entre *N. corniger* e *A. amifer* (Figura 1) em três tocos, *N. corniger* e *N. kemneri* em um toco, *A. amifer* e *Microcerotermes exiguus* em dois tocos, *A. amifer* e *Cylindrotermes sapiranga* em três tocos e *A. amifer*, *M. exiguus* e *N. kemneri* em um toco.

Na área IC2 foram observadas associações em 14 tocos entre *N. corniger* e *A. amifer* em seis tocos, *N. corniger* e *C. sapiranga* em um toco, *N. corniger* e *M. exiguus* em um toco, *N. ephratae* e *A. amifer* em dois tocos, *A. amifer* e *C. sapiranga* em três tocos e *A. amifer*, *N. corniger* e *C. sapiranga* em um toco.

Reis e Canello (2007) encontraram *Amitermes* sp. e outras espécies de cupins num mesmo micro-habitat, o que ocorreu com o toco, um micro-habitat abundante nas plantações de eucalipto, que serve como recurso alimentar para estes insetos.

A associação entre diferentes espécies num mesmo toco pode ser devido à abundância de recurso alimentar disponível, uma vez que plantações de eucaliptos geram mais de 1000 tocos/ha. Neste caso, este tipo de associação pode ser uma facilitação social, pois as diferentes espécies possuem capacidade de sentir e comunicar-se entre si (Miramontes e DeSouza 1996; Heymann e Buchana-Smith 2000), não havendo necessidade de dispêndio energético para eliminar as outras espécies do toco.

É possível encontrar espécies de cupins em tocos de *E. urograndis*, sejam forrageando isoladas ou associadas com outras espécies, e o registro desta ocorrência é importante para identificar possíveis espécies eficientes na remoção parcial ou total de tocos.

Agradecimentos

Agradecemos a CNPq e CAPES/FAPITEC pelo apoio financeiro e MZUSP pela identificação das espécies de cupins.

Referências

- Ackerman IL, Constantino R, Júnior HGG et al. (2009) Termite (Insecta: Isoptera) Species Composition in a Primary Rain Forest and Agroforests in Central Amazonia. *Biotropica* 41:226–233.
- Alonso SK, Silva AG, Kasuya MCM, Barros NF, Cavallazzi JRP, Bettucci L, Lupo S, Alfenas AC (2007) Isolamento e seleção de fungos causadores da podridão branca da madeira em florestas de *Eucalyptus* spp. com potencial de degradação de cepas e raízes. *Rev Arv* 31:45-15.
- Bandeira, AG, Miranda, CS, Vasconcellos, A. (1998) Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba - Brasil. In.: FONTES, L. R. & BERTI FILHO, E. (Eds.). Cupins: O desafio do conhecimento. Piracicaba: FEALQ, p. 75-85.
- Bettters DR, Wright LL, Couto L (1991) Hort rotation woody crop plantations in Brazil and the United States. *Biomass Bioenerg* 1:305-316.
- Campos DTS, Stieven AC, Ramos FT (2009) Associação micorrízica em plantios de Eucalipto no Brasil e no Estado de Mato Grosso. *Revista Biodiversidade* 8:55-61.
- Constantino R (1999) Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta:Isoptera) que ocorrem no Brasil. *Pap Avulsos Zool* 40:387-448.
- Donovan SE, Eggleton P, Bignel DE (2001) Gut content analysis and a new feeding group classification of termites. *Ecol Entomol* 26:356-366.
- Engel MS, Grimaldi DA, Krishna K (2009) Termites (Isoptera): Their Phylogeny, Classification, and Rise to Ecological Dominance. *Am Mus Novit* 3650:1-27.
- Krishna K, Grimaldi DA, Krishna V et al. (2013) Treatise on the Isoptera of the World. *B Am Mus Nat Hist* 377:1-200.
- Negrão DR, Júnior TAFS, Passos JRS et al. (2014) Biodegradation of *Eucalyptus urograndis* wood by fungi. *Int Biodeter Biodegr* 89:95-102.
- Rode R, Leite HG, Silva ML et al. (2014) The economics and optimal management regimes of eucalyptus plantations: A case study of forestry outgrower schemes in Brazil. *Forest Policy Econ* 44:26-33.
- Sales MJD, Matos WC, Reis YT et al. (2010) Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. *Pesquisa Agropecu Bras* 45:1351-1356.
- Varma RV, Swaran PR (2007) Diversity of termites in a Young eucalypt plantation in the tropical forests of Kerala, India. *Int J Trop Insect Sci*, 27:95-101.
- Miramontes O, DeSouza O (1996) The nonlinear dynamics of survival and social facilitation in térmites. *J Theor Biol* 181:373-380.
- Bandeira AG, Vasconcellos A, Silva MP et al. (2003) Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga Domain, Brazil. *Sociobiology* 42:117-127.
- Heymann EW, Buchana-Smith HM (2000) The behavioural ecology of mixed-species troops of callitrichine primates. *Biol Rev* 75:169-190.
- Sakagami SF, Laroca S (1971) Relative abundance, phenology and flower visits of apid bees in Eastern Parana, southern Brazil (Hymenoptera: Apoidea). *Kontyû* 39:217- 230.
- Reis YT, Canello EM (2007) Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. *Iheringia Ser Zool* 97:229-234.
- Vasconcellos A, Mélo ACS, Segundo EMV, Bandeira AG (2005) Cupins de duas florestas de restinga do nordeste brasileiro. *Iheringia Ser Zool* 95:127-131.

Tabela 1. Frequência de espécies de cupins em diferentes idades dos tocos de *Eucalyptus urograndis* após o corte.

Família: Subfamília	Espécie	Área de Estudo/Fr %	
		IC1	IC2
Termitidae: Nasutitermitinae	<i>Nasutitermes corniger</i>	34,43*	43,08*
	<i>Nasutitermes kemneri</i>	18,03*	1,54
	<i>Nasutitermes</i> aff. <i>macrocephalus</i>	1,64	-
	<i>Nasutitermes ephratae</i>	-	4,62
	<i>Cylindrotermes sapiranga</i>	4,92	7,69
Termitidae: Termitinae	<i>Amitermes amifer</i>	36,07*	42,54*
	<i>Microcerotermes exiguus</i>	4,92	1,54

Espécies dominantes (*). IC1= toco com dois anos de corte, IC2= toco com quatro anos de corte, Fr%= frequência de espécies de cupins.



Figura 1. Associação entre espécies de cupins num mesmo toco. Seta vermelho e branco indica a presença de *Nasutitermes corniger* (Blattodea: Termitidae); seta amarelo e vermelho indica a presença de *Amitermes amifer* (Blattodea: Termitidae)

6. ARTIGO 2. BIODEGRADAÇÃO DE TOCOS DE *Eucalyptus urograndis* PELA AÇÃO DE CUPINS XILÓFAGOS

Periódico a ser submetido: **New Forests**

RESUMO

As plantações de eucalipto podem ser manejadas sob o sistema de alto fuste ou talhadia, e após a colheita há o acúmulo de restos da cultura de difícil degradação, incluindo o toco. A utilização de espécies de cupins que ocorrem em tocos pode ser uma alternativa viável para acelerar o seu processo de degradação. O objetivo do estudo foi avaliar a biodegradação de tocos de *Eucalyptus urograndis* em duas áreas, com idades de dois e quatro anos após o corte da árvore do primeiro ciclo de plantação. Os tocos foram fragmentados e os cupins coletados e depositados em tubos Falcon 15 ml, contendo álcool 80%. Os cupins foram identificados com auxílio de chave taxonômica e comparação com exemplares da coleção base do Laboratório de Entomologia Florestal, da Universidade Federal de Sergipe, e do Museu de Zoologia, da Universidade de São Paulo. Fez-se a medição do diâmetro e altura dos tocos, antes e após a sua fragmentação, sendo calculado o volume inicial e final, para determinar a sua biodegradação. Foram coletadas sete espécies de cupins. Houve diferença significativa na biodegradação dos tocos entre as diferentes idades de corte, sendo maior na área de quatro anos. Os cupins são capazes de biodegradar tocos de *Eucalyptus urograndis* nas duas idades após o corte, auxiliando na sua remoção parcial ou total da área, sendo que há tendência de aumento na biodegradação dos tocos em áreas com maior idade de corte, como constatado na área com quatro anos de idade.

Palavras-chave: Termitidae, resíduo florestal, plantação de eucalipto, decomposição, Nasutitermitinae.

ABSTRACT**Título: Biodegradation of stumps *Eucalyptus urograndis* by the action of termites xylophagous**

Eucalyptus plantations can be managed under the cutting regime and retirement or coppice. After harvest there is the remnants' accumulation of hard degradation culture, including the stump. The use of termite species which occurs in stumps can be a viable alternative to accelerate their degradation processes. The aim of the study was to evaluate its biodegradation of stumps *Eucalyptus urograndis* in two areas with two and four years old after cutting. The stumps were fragmented, with the aid of a cutter, and termites collected and deposited in 15 ml Falcon tube, containing 80% alcohol. The termites were identified by key taxonomic aid and comparisons among copies from the base collection of Forest Entomology Laboratory of the Federal University of Sergipe, and the Zoology Museum of the University of Sao Paulo. The measurement of the diameter and height of the stumps were performed before and after fragmentation. There was a significant difference in the biodegradation of stumps among aftercut ages. Termites are capable of biodegrading stumps of *Eucalyptus urograndis* in the two aftercut ages, aiding in the partial or total removal of the area. There are increasing trend in the biodegradation of stumps in areas with older cut, as found in the area with four years of age.

Key words: Termitidae, forest residue, eucalypt plantation, decomposition, Nasutitermitinae.

Introdução

A cadeia produtiva do setor brasileiro a base de plantações florestais é representada pelos segmentos industriais de Papel e Celulose, Painéis de Madeira Industrializada e Processada Mecanicamente, Siderurgia a Carvão Vegetal e Biomassa (Abraf 2013).

Entre as árvores cultivadas se destacam, para atender os setores industriais, as espécies de *Eucalyptus*, da família Myrtaceae. Foram descritas cerca de 600 espécies originárias, principalmente da Austrália, e parte delas introduzidas nos países tropicais e subtropicais (Mora e Garcia 2004), dentre eles o Brasil.

As plantações de eucalipto são manejadas sob o sistema de alto fuste ou em talhadia, e ao fim de cada ciclo há um acúmulo de materiais de difícil degradação, dentre eles o toco das árvores. Este resíduo florestal é retirado com auxílio de maquinários pesados, como tratores ou escavadeiras adaptadas (Betters et al. 1991; Alonso et al. 2007; Rode et al. 2014).

Essa destoca mecânica representa custos financeiro e ambiental, e a presença de tocos, após o corte raso, pode causar danos a pneus e partes das máquinas que adentram para o preparo do plantio e operação de manutenção do solo (Alonso et al. 2007).

Além disso, problemas com aumento da compactação do solo, devido à entrada de maquinários pesados, são detectados e persistem por até três anos, alterando as características físicas e químicas do solo, o que pode levar a danos severos à microbiota e resultando numa diminuição de produtividade da plantação de eucalipto (Page-Dumroese et al. 1998; Negrão et al. 2014).

Alguns métodos são estudados para a retirada deste resíduo florestal, como fungos degradadores de madeiras (Alonso et al 2007, Negrão et al 2014). Além desses métodos, novos estudos devem ser realizados para criar alternativas para remover este resíduo florestal.

Os cupins são insetos sociais constituídos de castas diferentes, com morfologias distintas em todas elas. Materiais orgânicos, em vários estágios de decomposição, podem servir como alimento para os cupins, e em ecossistemas tropicais e subtropicais estes insetos são os principais consumidores da biomolécula mais abundante da terra, celulose, e sua forma

mais inerte, lignocelulose (Engel et al. 2009; Ackerman et al. 2009; Eggleton 2010; Krishna et al. 2013).

O consumo de madeira por cupins já é um tema amplamente estudado, seja para conhecer espécies com potencial como praga, a preferência alimentar ou a ciclagem de madeira morta em determinado ecossistema (Gutiérrez et al. 2004; Mélo e Bandeira 2007; Vasconcellos e Moura 2010; Shanbhag e Sundararaj 2012; 2013; Ulyshen 2014; Siebers et al. 2015), porém a atuação dos cupins na biodegradação de tocos é desconhecida ou pouco estudada na literatura.

A utilização das espécies de cupins que atuam na biodegradação dos tocos seria uma alternativa viável para acelerar esse processo, auxiliando na sua remoção parcial ou total, uma vez que estes tocos possuem celulose, e os cupins são os principais consumidores desta biomolécula (Engel et al. 2009).

Neste caso, resultaria em redução de custos para a empresa e na disponibilidade de nutrientes para a biota local, pois os cupins são consumidores primários ou decompositores de diversos materiais celulósicos e participam de processos ecológicos importantes, como a ciclagem de nutrientes (Tayasu et al. 1997; Costa-Leonardo 2002). O objetivo desta pesquisa foi avaliar a biodegradação de tocos de *Eucalyptus urograndis*, pela ação dos cupins, em áreas com dois e quatro anos de idade após o corte.

Métodos

Área de Estudo

O estudo foi conduzido em duas áreas com tocos de *E. urograndis*, com idade de dois anos após o corte (IC1) e quatro anos após corte (IC2) do primeiro ciclo de plantio, com espaçamento de localizadas no município de Entre Rios, Bahia, Brasil. Estas áreas possuem o solo do tipo Argissolo Amarelo, com índice pluviométrico anual de 1300mm, para IC1 e 1400mm para IC2 e estão localizadas no bioma Mata Atlântica.

Amostragem e identificação dos cupins

Em cada área os cupins foram coletados, de forma aleatória, em 50 tocos/área, totalizando 100 tocos nas duas áreas. Os tocos possuíam diâmetro médio de e altura média de e foram fragmentados, até adquirir resistência e não ser mais possível à sua fragmentação, com auxílio de um facão, e os cupins coletados e depositados em tubos Falcon 15 ml, contendo álcool 80%.

Os cupins coletados foram identificados com auxílio de chave taxonômica, proposta por Constantino (1999) e comparação com exemplares da coleção base do Laboratório de Entomologia Florestal, da Universidade Federal de Sergipe, e do Museu de Zoologia, da Universidade de São Paulo.

Análise Faunística

Para determinar a dominância das espécies de cupins, foi calculado o Limite de Dominância (LD) e a Frequência (Fr) para cada área, a partir das equações: $LD = 100 \left(\frac{1}{S}\right)$, proposta por Sakagami e Laroca (1971), em que S representa o número total de espécies; $Fr(\%) = 100 \left(\frac{n}{N}\right)$, onde n o número de cada espécie da área nas amostras e N o número total de espécies nas amostras. Quando o valor da Fr(%) de uma espécie apresentou superior ao LD, esta foi considerada dominante e quando inferior, não-dominante.

Análise da Biodegradação dos tocos

Com auxílio de uma fita métrica foram medidos o diâmetro (cm) e altura (cm) dos tocos, antes e após a sua fragmentação. Alguns tocos, depois de fragmentados, assumiram figuras geométricas, que interpretamos como paralelepípedo retângulo e pirâmide, e assim calculamos seu volume final.

Após a medição, foram calculados o volume inicial (Vo) e o volume final (Vf) dos tocos para determinar a biodegradação. Este cálculo permitiu a comparação da biodegradação dos tocos entre diferentes idades de corte. A área (A), o volume (V) e a Biodegradação de tocos (Bdt) foram calculados pela seguinte fórmula:

$$A = \frac{d^2 * \pi}{4}; V = A * H; Bdt = 1 - \left(\frac{V_o}{V_f}\right); V_{fp} = Ab * \frac{H}{3}; V_{frp} = a * b * c, \text{ onde:}$$

d: diâmetro do toco (cm); H: altura do toco (cm); V: volume do toco (cm³); Vfp: volume final da pirâmide; Vfrp: volume final do paralelepípedo retângulo; Ab: área da base; a: comprimento; b: largura; c: altura.

Análise dos dados

Para avaliar a biodegradação dos tocos entre as idades pós-corte, os dados foram analisados pelo programa SAS 9.0, usando para comparação a ANAVA. Os dados de biodegradação foram convertidos para porcentagem, a fim de verificar o quanto do toco tinha sido biodegradado. Devido a não normalidade, os dados foram transformados pela fórmula $\sqrt{x + 0,5}$.

Resultados

Os cupins coletados em tocos de *E. urograndis* foram identificados em sete espécies, pertencentes a uma família, Termitidae. Na área IC1 foram identificadas *Nasutitermes corniger*, *N. kemneri*, *Amitermes amifer*, *Microcerotermes exiguus*, *Cylindrotermes sapiranga* e *N. aff macrocephalus*. Já na área IC2 foram identificadas as espécies *Nasutitermes corniger*, *N. kemneri*, *Amitermes amifer*, *Microcerotermes exiguus*, *Cylindrotermes sapiranga* e *N. ephratae*.

Houve associação de espécies num mesmo toco nas duas áreas, sendo entre duas ou três espécies. O Limite de Dominância de cada área foi 16,67 e três espécies foram consideradas dominantes: *N. corniger* nas duas áreas, com frequência de 34,43% na IC1 e 43,08% na IC2; *A. amifer* nas duas áreas, com 36,06% na IC1 e 42,54% na IC2; e *N. kemneri* na área IC1, com 25,33%.

A biodegradação foi observada, pela ação dos cupins, em todos os tocos de *E. urograndis* nas duas áreas com diferentes idades após o corte. O volume médio inicial estimado na área IC1 foi de 2.945,06 cm³, e a biodegradação, em média, foi de 67,98±0,03%, ocasionada pelas espécies *N. corniger*, *N. kemneri*, *N. aff macrocephalus*, *A. amifer*, *M. exiguus* e *C. sapiranga*.

Já na área IC2, o volume médio inicial estimado foi de 3.129,08 cm³ e a biodegradação, em média, 88,91±0,02%, sendo ocasionada por *N. corniger*, *N. kemneri*, *N. ephratae*, *A. amifer*, *M. exiguus* e *C. sapiranga*. A biodegradação dos tocos foi diferente estatisticamente (F= 27,835; p<0,00001) entre as duas áreas, sendo superior na área IC2, com tocos de quatro anos.

Discussão

As espécies que ocorreram nas áreas de estudo possuem hábito xilófago, e estes cupins são comumente encontrados em plantações de eucalipto, devido à oferta e abundância de alimento nesta cultura e a distúrbios, principalmente no solo, que diminuem o grupo dos

humívoros (Constantino 2002; Gutiérrez et al. 2004; Calderon e Constantino 2007; Varma e Swaran 2007; Sales et al. 2010; Silva et al. 2015).

A frequência de *N. corniger*, *N. kemneri* e *A. amifer* foi maior do que o Limite de Dominância, 16,67, sendo que esta dominância em tocos de *E. urograndis* está relacionada ao fato dessas espécies explorarem madeiras em diferentes estágios de decomposição, como também, se sobrepõem em áreas que sofreram algum distúrbio, como no caso das plantações de eucalipto, que antes do plantio ocorreu o desmatamento da área e o preparo do solo, eliminando espécies humívoras e intermediárias (Bandeira et al. 2003; Reis e Canello 2007).

Além disso, o gênero *Nasutitermes* possui plasticidade nas construções de seus ninhos, ou seja, o ninho principal é conectado a outros ninhos menores na área, controlados pelo mesmo casal real, o que favorece o aumento da área de forrageamento (Bandeira et al. 2003).

A presença dessas espécies de cupins em tocos de *Eucalyptus urograndis* ocorre por esses ambientes serem favoráveis a estes insetos, servindo como micro-habitat e alimento, uma vez que possuem celulose, e os cupins são os principais consumidores dessa biomolécula (Engel et al. 2009).

Foi observado que a biodegradação dos tocos ocorre do cerne para o albúrnio, através do consumo e construção de túneis. Este processo favorece a diminuição da resistência do toco, podendo ser facilmente fragmentado, o que resulta na sua remoção parcial ou total da área. Além do que, há vantagem na exploração deste recurso, pois após a colheita do eucalipto permanecem na área cerca de 1000 tocos/ha, recurso alimentar abundante para os cupins xilófagos (Figura 1).

A presença desses organismos nas áreas após o corte de *E. urograndis* favorece a devolução da matéria orgânica para o solo, pois os cupins, como consumidores primários ou decompositores de diversos materiais celulósicos, dentre eles o toco, participam de processos ecológicos importantes, como a ciclagem de nutrientes (Tayasu et al. 1997; Costa-Leonardo 2002).

Madeiras mais deteriorada tornam-se mais palatáveis para os cupins xilófagos, o que explica a maior biodegradação dos tocos em área mais velha, IC2. Essas madeiras deterioradas, como no caso dos tocos, sofrem processos de deslignificação, em que a lignina sofre uma divisão, resultando em mais hemicelulose e celulose (Erwin et al. 2008).

Este processo de deslignificação tornam os tocos susceptíveis à alimentação dos cupins, uma vez que a quantidade de celulose aumenta e a de lignina diminui, e madeiras que possuem maiores concentrações de celulose tendem a ser preferidas, e aquelas com menores conteúdos de lignina, são menos resistentes (Shanbhag e Sundaraj 2012).

Além disso, os extrativos dos tocos, que são tóxicos aos cupins, parecem diminuir com a deterioração, pois todos os tocos analisados neste estudo tinham a presença deste inseto. E madeiras que possuem alto teor de extrativos são mais resistentes ao ataque e menos preferidas pelos cupins, uma vez que podem resultar em altas taxas de mortalidade (Shanbhag e Sundaraj 2012; França et al. 2016).

Conclusão

Os cupins são capazes de biodegradar tocos de *Eucalyptus urograndis* nas áreas com idade de dois e quatro anos após o corte, auxiliando na sua remoção parcial ou total da área, sendo que há uma tendência de aumento na biodegradação dos tocos em áreas com maior idade, como constatado na área com quatro anos de idade após o corte.

Referências

ABRAF (2013) Anuário Estatístico da ABRAF 2013. Brasília, Brasil

- Ackerman IL, Constantino R, Júnior HGG, Lehmann J, Riha SJ, Fernandes ECM (2009) Termite (Insecta: Isoptera) Species Composition in a Primary Rain Forest and Agroforests in Central Amazonia. *Biotropica* 41:226–233
- Alonso SK, Silva AG, Kasuya MCM, Barros NF, Cavallazzi JRP, Bettucci L, Lupo S, Alfenas AC (2007) Isolamento e seleção de fungos causadores da podridão branca da madeira em florestas de *Eucalyptus* spp. com potencial de degradação de cepas e raízes. *Rev Arvore* 31:145-155
- Bandeira AG, Vasconcellos A, Silva MP, Constantino R (2003) Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga Domain, Brazil. *Sociobiol.* 42:117-127
- Bettters DR, Wright LL, Couto L (1991) Hort rotation woody crop plantations in Brazil and the United States. *Biomass Bioenerg* 1:305-316
- Calderon RA, Constantino R (2007) A survey of the termite fauna (Isoptera) of an eucalypt plantation in central Brazil. *Neotrop. Entomol.* 36:391-395
- Constantino R (2002) The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. *J. Appl. Entomol.* 126:355-365
- Costa-Leonardo AM (2002) Cupins-praga: morfologia, biologia e controle. Rio Claro, São Paulo
- Eggleton, P. (2010) An Introduction to Termites: Biology, Taxonomy and Functional Morphology. In: Bignell DE, Bignell Y, Lo N. (eds) *Biology of Termites: A Modern Synthesis*, Springer, London, pp 1-26
- Engel MS, Grimaldi DA, Krishna K. (2009) Termites (Isoptera): Their Phylogeny, Classification, and Rise to Ecological Dominance. *Am Mus Novit* 3650:1-27
- Erwin, Takemoto S, Hwang WJ, M, Takeuchi M, Itho T, Imamura Y (2008) Anatomical characterization of decayed wood in standing light red meranti and identification of the fungi isolated from the decayed area. *J. Wood Sci.* 54:233-241

- França, TSFA, França FJN, Arango RA, Woodward, BMW, Arantes MDC (2016) Natural resistance of plantation grown African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*) from Brazil to wood-rot fungi and subterranean termites. *Int. Biodeter. Biodegr.* 107: 88-91
- Gutiérrez AI, Uribe S, Quiroz JA (2004) Termitas asociadas a plantaciones de *Eucalyptus* spp. en una reforestadora en Magdalena, Colombia. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología.* 72:62-67
- Krishna K, Grimaldi DA, Krishna V, Engel MS (2013) *Treatise on the Isoptera of the World.* Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 377:1-200
- Mélo ACS, Bandeira AG (2007) Consumo de madeira por *Heterotermes sulcatus* (Isoptera: Rhinotermitidae) em ecossistema de Caatinga no Nordeste do Brasil. *Oecol. Bras.* 11:350-355
- Negrão DR, Júnior TAFS, Passos JRS, Sansígolo CA, Minhoni MTA, Furtado EL (2014) Biodegradation of *Eucalyptus urograndis* wood by fungi. *Int. Biodeter. Biodegr.* 89:95-102
- Page-Dumroese DS, Harvey AE, Jurgensen MF, Amaranthus MP (1998) Impacts of soil compaction and tree stump removal on soil properties and outplanted seedlings in northern Idaho, USA. *Can. J. Soil Sci.* 78:29-34
- Reis YT, Canello EM (2007) Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. *Iheringia Ser Zool* 97:229-234
- Rode R, Leite HG, Silva ML, Ribeiro CAAS, Binoti DHB (2014) The economics and optimal management regimes of eucalyptus plantations: A case study of forestry outgrower schemes in Brazil. *Forest Policy Econ* 44:26-33
- Sakagami SF, Laroca S (1971) Relative abundance, phenology and flower visits of apid bees in Eastern Paraná, southern Brazil (Hymenoptera: Apoidea). *Kontyû* 39:217- 230
- Sales MJD, Matos WC, Reis YT, Ribeiro GT (2010) Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. *Pesquisa Agropecu Bras* 45:1351-1356
- Shanbhag RR, Sundararaj R (2012) Physical and chemical properties of some imported woods and their degradation by termites. *J. Insect Sci.* 13:63

- Shanbhag RR, Sundararaj R (2013) Imported wood decomposition by termites in different agro-eco zones of India. *Int. Biodeter. Biodegr.* 85:16-22
- Siebers N, Martius C, Eckhardt K-U, Garcia MVB, Leinweber P., Amelung W (2015) Origin and Alteration of Organic Matter in Termite Mounds from Different Feeding Guilds of the Amazon Rainforests. *Plos One* 10:1-19
- Silva APT, Cunha HF, Ricardo JAD, Abot AR (2015) Espécies de cupins (Isoptera) em cultura de eucalipto sob diferentes sistemas de manejo de irrigação, em região de transição cerrado-pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Rev Arvore* 39:137-146
- Tayasu I, Abe T, Eggleton P., Bignell DE (1997) Nitrogen and carbon isotope ratios in termites: an indicator of trophic habit along the gradient from wood-feeding to soil-feeding. *Ecol. Entomol.* 22:343-351
- Ulyshen MD (2014) Interacting Effects of Insects and Flooding on Wood Decomposition. *Plos One* 9:1-9
- Varma RV, Swaran PR (2007) Diversity of termites in a young eucalypt plantation in the tropical forests of Kerala, India. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 27: 95-101
- Vasconcellos A, Moura FMS (2010) Wood litter consumption by three species of *Nasutitermes* termites in an area of the Atlantic Coastal Forest in northeastern Brazil. *J. Insect Sci.* 72:1-9

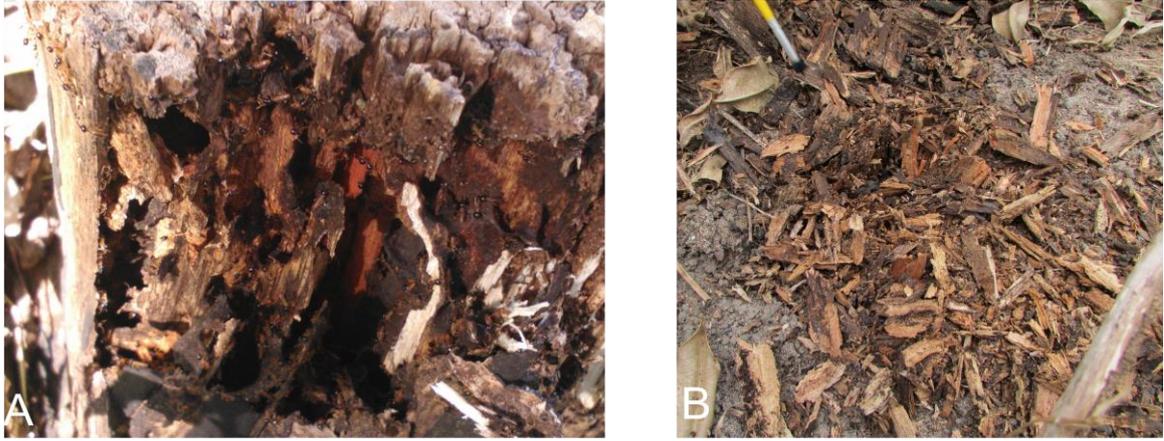


Figura 1. A: Toco de *Eucalyptus urograndis* parcialmente degradado; B: Toco de *Eucalyptus urograndis* totalmente degradado.